

# TUKIVALSSIEN HIONNAN STANDARDISOINTI

Delhas Aleksandros Gunnar

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Aleksandros Delhas	<b>Vuosi</b>	2018
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
<b>Toimeksiantaja</b>	DI Seppo Lantto		
<b>Työn nimi</b>	Tukivalssien hionnan standardisointi		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	73		

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on tukivalssien hionnan standardisointi Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valssihiomossa. Työn tavoitteena oli saada hiomakoneille tukivalssien tällinteko-ohjeet, joiden myötä valssien hiontatulos olisi joka kerta samanlainen. Opinnäytetyön tavoitteena oli minimoida hiomakoneiden välinen ero valssien geometriaan sekä saavuttaa lyhyempi hionta-aika. Työssä on selvitetty parannuskeinoja, joilla tukivalssien hiontatarkkuutta on mahdollista parantaa.

Työssä keskityttiin etuvalssaimen (EV), Steckel-valssaimen (NV) ja Tandemvalssaimen (FX) tukivalssihin. Tukivalsseja käytetään hiomakoneissa Pomini 1 sekä Herkules WS 1100. Pomini 1:llä hiotaan pääsääntöisesti NV- ja FX-valssainten työvalsseja sekä NV-välivalsseja. Se toimii myös NV- ja FX-tukivalssien varahiomakoneena. Herkules WS 1100:lla hiotaan EV-, NV- ja FX-valssainten tukivalsseja. Testeissä käytettiin valettuja ja taottuja valsseja.

Avainsanat metalliteollisuus, terästeollisuus, valssaus, hionta, metallurgia

Industry and Natural Recourses  
Mechanical and Production Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Aleksandros Delhas	<b>Year</b>	2018
<b>Supervisor</b>	Jäntti Arto, MEng.		
<b>Commissioned by</b>	Lantto Seppo, M.Sc.		
<b>Subject of thesis</b>	Standardization of Backup Roll Grinding		
<b>Number of pages</b>	73		

---

The purpose of this thesis was to standardize the BUR (Grinding Backup Roll) grinding at Outokumpu Stainless Oy hot rolling mill grinding shop. The aim of the thesis was to establish instructions for changing the steadies to accomplish equal results from grinding the roll. The goal of these instructions is to minimize the differences between the grinding machines, by minimizing the geometry errors of the rolls and to achieve a shorter grinding time. This thesis will provide solutions to help improve the grinding accuracy of the backup rolls.

The thesis focuses on rougher mill (EV), Steckel mill (NV) and Tandem mill (FX) backup rolls. The backup rolls are used in two different grinding machines: Pomini 1 and Herkules WS 1100. Pomini 1 is mainly used for grinding NV and FX work rolls as well as NV intermediate rolls. Pomini 1 can also be used to grind NV and FX backup rolls, as needed. The Herkules WS 1100 grinds the EV, NV and FX backup rolls. The rolls used in testing can be split into two different categories: casted and forged rolls.

**Keywords:** metal industry, steel industry, rolling, grinding, metallurgy

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KUUMAVALSSAAMON VALSSAUSPROSESSI JA VALSSIHIOMO .....	8
2.1	Teräksen muokkausprosessi kuumavalssaamossa .....	8
2.2	Kuumavalssaamon valssihio .....	9
3	PYÖRÖHIONNAN TEORIA .....	12
3.1	Pyöröhiomakoneen perusrakenne .....	12
3.2	Hiomalaikka .....	14
3.3	Lastuamisnesteet .....	19
3.4	Valssien hionta .....	20
3.5	Hiontavirheet .....	23
3.6	Hionta-asetusten muuttaminen eli tällinteko .....	24
4	TARKASTUSMENETELMIEN TEORIA .....	26
4.1	Geometriset mittaukset .....	26
4.2	Pyörrevirtamittaus .....	26
4.3	Ultraäänitarkastus .....	28
5	HIOMAKONEET .....	30
5.1	Pomini 1 (HK3) .....	30
5.2	Herkules WS 1100 (HK5) .....	35
5.3	Valssien mittatarkkuuden selvitys Pomini 1 ja Herkules WS 1100 .....	42
6	VALSSIEN TEORIA .....	50
6.1	Valssien materiaalit .....	50
6.2	Valuteräsvalssit ja taotut teräsvalssit .....	51
6.3	Tukivalssien käyttötarkoitukset .....	52
6.4	Valssien muoto .....	53
7	TUKIVALSSIEN HIONNAN STANDARDISOINTI .....	55
7.1	Pomini 1 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden suoritus .....	56
7.2	Herkules WS 1100 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden suoritus .....	57
7.3	Tällinteko-ohjeiden tuloksia .....	59
8	TULOSTEN ANALYSOINTI .....	61

---

8.1	Tukivalssien hionnan standardisoinnin hiomakonekohtainen vertailu..	61
8.2	Tukivalssien mittatarkkuuksien vertailu .....	62
9	POHDINTA .....	70
	LÄHTEET .....	72

## ALKUSANAT

Opinnäytetyöstä haluan kiittää Outokumpu Stainless Oy:tä, joka tarjosi minulle aiheen lopputyöhöni. Erityisesti haluan kiittää prosessin käyttöpäällikköä Seppo Lanttoa ja kuumavalssaamon työnjohtaja Janne Junesta sekä valssihionon hiojia avusta ja tuesta.

Kiitokset Lapin ammattikorkeakoululle ja lehtori Arto Jäntille. Kiitokset myös ystäväilleni ja läheisilleni tuesta.

Kemi 16.4.2018

Aleksandros Delhas

## 1 JOHDANTO

Tuottaakseen laadukasta kuumavalssattua terästä täytyy kaikkien monivaiheisten prosessien toimivuuden olla taattu. Prosessien toimivuuden takaaminen tapahtuu jatkuvalla valvonnalla sekä kyvyllä havainnollistaa poikkeamat sekä reagoida erilaisiin ongelmatilanteisiin nopeasti. Näin taataan lopputuotteen haluttu laatu. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada kuumavalssaamon hiomon hiomakoneille Pomini 1 ja Herkules WS 1100 tukivalssien tällinteko-ohjeet, joiden pohjalta valssien hiontatulos on joka kerta samanlainen. Ohjeiden avulla pyritään minimoimaan hiomakoneiden välinen ero valssien geometriaan hiontatuloksessa sekä pyritään saavuttamaan lyhyempi hionta-aika. Työssä pyritään selvittämään myös keinoja, joilla tukivalssien hiontatarkkuutta on mahdollista parantaa.

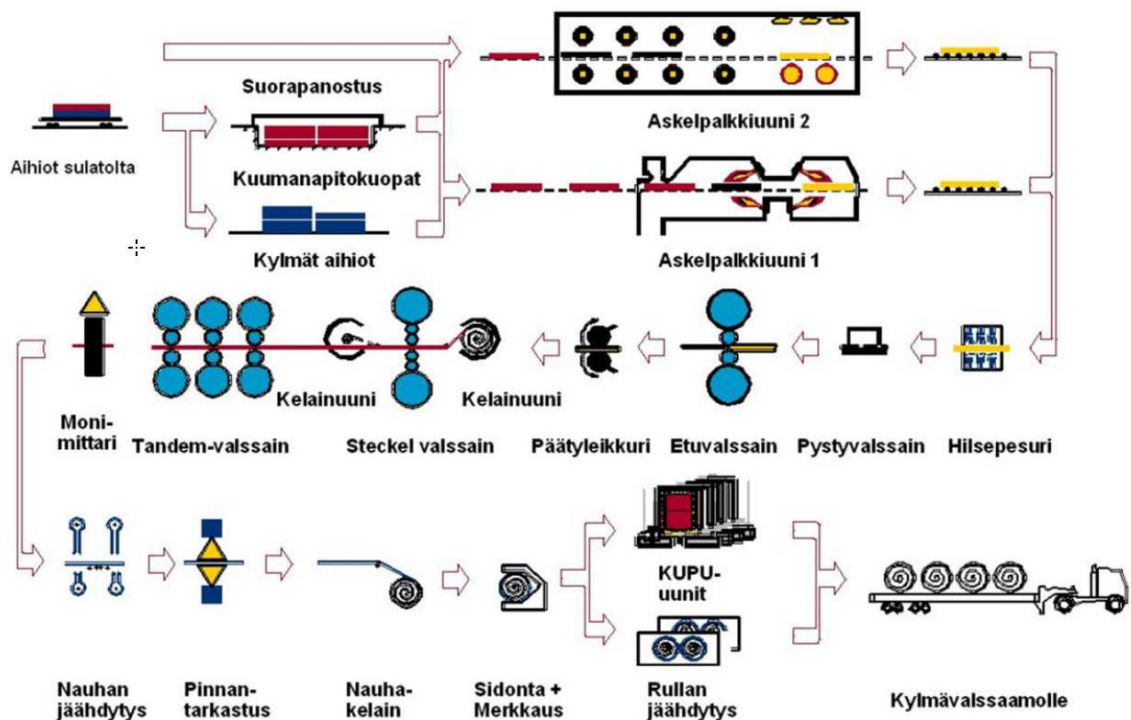
Opinnäytetyössä esitellään aluksi Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valssausprosessi ja valssihionno perehtyen teräksen muokkausprosessiin kuumavalssaamossa sekä kuumavalssaamon valssihiontoon. Pyöröhionnan teoriassa käsitellään pyöröhiomakoneen perusrakenne, hiomalaikan ominaisuudet, lastuamisnesteet sekä perehdytään valssien hiontaan ja niiden hiontavirheisiin. Samalla tutustutaan hionta-asetusten muuttamiseen eli tällintekoon, mikä on oleellinen osa tätä opinnäytetyötä. Hionnan tarkastusmenetelmien teoriassa esitellään geometriset mittaukset ja pyörrevirtamittaukset sekä ultraäänitarkastusmenetelmä.

Opinnäytetyön keskiössä on Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valssihionnon kaksi hiomakonetta Pomini 1 ja Herkules WS 1100, joiden rakenne ja mittatarkkuuksien selvitys selitetään tarkasti. Valssien teoriassa käydään läpi valssien materiaalit, valuteräsvalssit ja taotut teräsvalssit, tukivalssien käyttötarkoitukset sekä valssien muoto. Tukivalssien hionnan standardisointi -luvussa esitellään Pomini 1 ja Herkules WS 1100 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden suoritus ja lopputulos sekä kiteytetään tällinteko-ohjeiden tuloksia. Lopuksi analysoidaan tuloksia tukivalssien hionnan standardisoinnin hiomakonekohtaisessa vertailussa sekä tukivalssien mittatarkkuuksien vertailussa.

## 2 KUUMAVALSSAAMON VALSSAUSPROSESSI JA VALSSIHIOMO

### 2.1 Teräksen muokkausprosessi kuumavalssaamossa

Teräksen muokkausprosessissa (Kuva 1) teräs saapuu kuumavalssaamolle sulatolta aihioina. Kuumavalssaamossa aihiot panostetaan askelpalkkiuuneihin. Kuumennetut aihiot siirtyvät rullaradalla hilsepesuriin. Askelpalkkiuunissa muodostuu aihion pintaan hilsettä, joka poistetaan hilsepesurissa. Pesurista aihio siirtyy etuvalssaimeen, jossa se käy yleensä viisi pistoa eli viisi valssauskertaa etuvalssin läpi. Ensimmäisen valssauksen jälkeen terästä aletaan kutsua esinauhaksi. Pystyvalssit estävät esinauhan liiallisen leviämisen etuvalssauksen aikana. Etuvalssaimesta esinauha siirtyy päätyleikkuriin, missä esinauhan molemmat päät leikataan tasaisiksi. Hukkapäädtyt siirtyvät uudestaan sulattoon sulatukseen. (Huru 2009, 73–78; Kääriä 2010, 5–8; Hallikainen 2011, 8–11; Outokumpu 2013, 1–3; Mäkelä 2016; 12–13.)



Kuva 1. Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon tuotantoprosessi (Kääriä 2010, 5)

Steckel-valssaimessa saadaan seuraavaksi nauhan haluttu profiili ja paksuus. Tässä vaiheessa aletaan puhua nauhasta. Pistoja eli valssauskertoja tehdään



yhdestä kolmeen riippuen nauhan halutusta paksuudesta. Steckel-valssaimen molemmin puolin on kaksi kelainuunia. Kelainuunit pitävät nauhan kuumana muokkauksen aikana ja estävät nauhan liiallisen kylmenemisen. Steckel-valssaimesta nauha siirtyy tandem-valssaimelle, joita on kolme peräkkäin. Tandem-valssaimella saadaan nauhalle hyvä taso-ominaisuus. Tämä on mahdollista, koska Tandem-valssaimen työvalssit ovat hiottu aaltomaiseen CVC-muotoon, mitä kutsutaan kansan kielellä myös Coca-Cola (pullon) - muodoksi.

Nauha siirtyy seuraavaksi monimittarin läpi, joka mittaa nauhan lämpötilaa, profiilia ja tasomaisuutta. Nauha jäähdytetään laminaarijäähdytyksessä ja nauhan pinta tarkistetaan automaattisesti. Lopuksi teräsnauha kelataan rullaksi nauhakelaimella. Rulla sidotaan, merkataan ja siirretään jäähdytykseen kuivapaikalle tai vesialtaaseen. Tarvittaessa rulla siirretään kupu-uunikäsittelyyn, jolla saavutetaan lisäominaisuuksia. Jäähdytetty rulla lähetetään maailmalle tai kylmävalssaamolle.

## 2.2 Kuumavalssaamon valssihioimo

Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valssihiomossa on käytössä viisi hiomakonetta: kaksi Techint Groupin Pomini Tenova-hiomakonetta Italiasta (Pomini 1 ja Pomini 2) ja kolme Maschinenfabrik Herkules-hiomakonetta Saksasta (Herkules WS 450, Herkules WS 850 ja Herkules WS 1100).

Hiottavia valsseja tulee hiomoon etuvalssaimesta (EV = etuvalssain), Steckel-valssaimesta (NV = nauhavalssain) sekä Tandem-valssaimesta (FX = Finishing Mill eli viimeistelyvalssain) (Kuva 2). Valssainten sisimmät valssit ovat suorassa kosketuksessa kuumaan nauhan pintaan, niitä kutsutaan työvalsseiksi. Uloimpia valsseja kutsutaan tukivalsseiksi. Tarvittaessa työ- ja tukivalssin keskellä on välivalssi. Prosessissa ensimmäisenä olevassa etuvalssaimeissa (EV) on ulommat tukivalssit ja sisemmät työvalssit. Steckel-valssaimeissa (NV) on uloimpana tukivalssit, keskellä välivalssit ja työstettävää teräsnauhaa vasten työvalssit. Tandem-valssain (FX) koostuu kolmesta vierekkäisestä valssituolist, jossa jokaisessa uloimpana tukivalssit ja sisempänä työvalssit.



Kuva 2. Yksityiskohta Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon tuotantoprosessista (Kääriä 2010, 5)

Tukivalssseja ja työvalssseja hiotaan Herkules WS 850- ja Herkules WS 1100 -hiomakoneella. Steckel-tukivalssit hiotaan Pomini 1:llä tai Herkules WS 1100 -hiomakoneella. Steckel-välivalssseja ja työvalssseja pystyy hiomaan Pomini 1 tai Herkules WS 450. Tandem-tukivalssseja hiotaan Pomini 1:llä tai Herkules WS 1100 -hiomakoneella. Tandem-työvalssit hiotaan Pomini 2:lla, joka hioo ainoastaan Tandemin-työvalssseja. Tandemin työvalssseja hiotaan määrällisesti hiomossa eniten, sillä käytössä on jatkuvasti kolme peräkkäistä Tandem-valssainta, mikä vaatii työhön oman koneen. Tarvittaessa Tandem-työvalssseja hiotaan myös Pomini 1:llä ruuhkan sattuessa. (Taulukko 1)

Taulukko 1. Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon hiomakoneiden tehtävät

VALSSAIN	VALSSITYYPPI	POMINI 1	POMINI 2	HERKULES WS 450	HERKULES WS 850	HERKULES WS 1100
<b>ETUVALSSAIN</b>	TUKIVALSSI				X	X
	TYÖVALSSI				X	X
<b>STECKEL- VALSSAIN</b>	TUKIVALSSI	X				X
	VÄLIVALSSI	X		X		
	TYÖVALSSI	X		X		
<b>TANDEM- VALSSAIN</b>	TUKIVALSSI	X				X
	TYÖVALSSI	X	X			

Pomini 1 ja Pomini 2 ovat ominaisuuksiltaan lähes identtisiä hiomakoneita, mutta ovat toistensa peilikuvia. Tästä johtuen Pomini 1 -konetta käytettäessä Tandem-työvalssin hiomiseen täytyy valssi kääntää kääntöpöydällä 180°-astetta hiomakoneeseen mennessä ja palatessa valssihalliin. (Lampela, M. & Sorvoja, J. 2017.)

Kuumavalssaamon valssihiomossa hiotaan valsseja, joiden valssausaika on tullut täyteen. Valssauslinjalla kuluneet valssit vaihdetaan hiottuihin automaattisesti valssivaihtovaunulla. Kuluneet valssit siirtyvät valssinvaihtomontussa kiskoja pitkin hiomoon. Valssauksen aikana valsseihin kohdistuu rasituksia, jotka aiheuttavat kulumista ja vaurioita. Valssin kulumisen ja vaurioituminen aiheuttavat nauhalle pinnanlaatu- ja tasomaisuusvirheitä. Valssauksen seurauksena valsseja on hiottava tietyn väliajoin (Taulukko 2). Valssien hionnan avulla pyritään poistamaan valssauksesta aiheutuneet pintavirheet sekä kulunut ja kovettunut pintakerros. Samalla palautetaan oikea geometrinen muoto ja pidetään valssin pinnanlaatu tasaisena. Työvalssit ovat jatkuvassa rasituksessa ja kuluvat valsseista eniten valssauksen aikana. Siksi niiden hionta on vaativampaa kuin esimerkiksi tukivalssien työstäminen. (Hallikainen 2011, 7; Mäkelä 2016, 37–38;)

Taulukko 2. Valssien vaihtovälit Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamossa

VALSSAIN	VALSSITYYPPI	TAVOITE	MAX
ETUVALSSAIN	TYÖVALSSIT (ei pikateräs)	5000 t	6000 t
	TYÖVALSSIT (pikateräs)	8000 t	10000 t
	TUKIVALSSIT	40000 t	60000 t
STECKELVALSSAIN	TYÖVALSSIT (IC)	21 km	23 km
	TYÖVALSSIT (pikateräs)	23 km	25 km
	VÄLIVALSSIT	200 km	240 km
	TUKIVALSSIT	1200 km	1600 km
TANDEMVALSSAIN	TYÖVALSSIT	21 km	23 km
	TUKIVALSSIT	1200 km	1600 km
<b>TAVOITE</b> tarkoittaa sitä, että tähän arvoon pyritään			
<b>MAX</b> tarkoittaa sitä, että kyseistä arvoa ei saa ylittää.			

### 3 PYÖRÖHIONNAN TEORIA

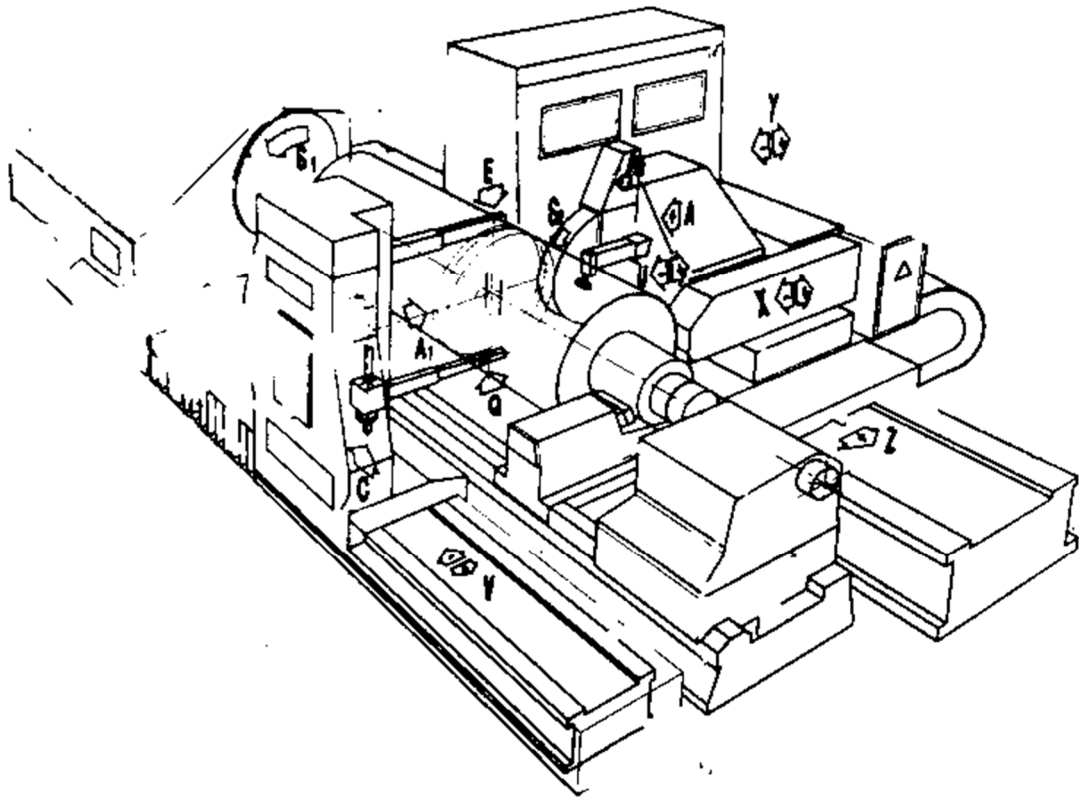
Hionta on yksi käytetyimmistä työstömenetelmistä teollisuudessa. Lähes jokaisen teollisesti valmistetun tarvikkeen valmistusprosessissa tarvitaan hiontaa rouhinnasta viimeistelyyn. Hionnalla on laajin ainevalikoima verrattuna muihin työstömenetelmiin, mikä mahdollistaa monenlaisien materiaalien työstämisen. Hionta soveltuu parhaiten kovien materiaalien työstämiseen sekä erittäin tarkkaan ja pinnanlaadultaan korkealaatuiseen työhön. Lastuamistapahtuma on yläkäsite hionnalle. Lastuamisessa terä on aina kovempi kuin työstettävä kappale, mikä mahdollistaa lastuamisen. Lastuamista on muun muassa sorvaaminen, jyrsiminen, poraaminen, avartaminen, höylääminen, aventaminen, sahaaminen, hiominen ja hienotyöstö. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2003, 139–217) Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon hiomossa käytetään lastuamistavoista vain hiontaa ja teränä toimii hiomalaikka.

Pyöröhionnalla tarkoitetaan metallin ulko- tai sisäpuolista sylinterin tai kartion mallista hiontaa. Sillä pystytään valmistamaan tarkkamittaisia ja korkealaatuisia sisä- ja ulkopintoja. Sisäpuolista pyöröhiontaa kutsutaan arkikielessä reikähionnaksi ja ulkopuolista pyöröhiontaa yksinkertaisesti pyöröhionnaksi. Valssihiomossa käytetään ainoastaan ulkopuolista pyöröhiontaa, mikä työstää työstökappaleen profiileja. Se on yksi yleisimmistä hiontamenetelmistä. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 237–240; Maaranen 2018, 87–88, 108–111.)

#### 3.1 Pyöröhiomakoneen perusrakenne

Pyöröhiomakoneen perusrakenne Outokummun kuumavalssaamossa on sen tehtävästä riippumatta suurelta osin sama (Kuvio 1) (Herkules 2017, 2–59; Pomini 2004, 6–73). Koneen alinta osaa kutsutaan hiomakoneen perustukseksi (hiomapediksi), jossa betonikakun päällä kulkee metallijohteita. Betonikakun alla on aina jousitus tai eristäviä kumimattoja. Ne minimoivat hiomakoneeseen kohdistuvan ulkopuolisen värinän esimerkiksi valssaushallista. Hiomakoneen

perustus (hiomapedi) toimii runkona koneen hiomakelkalle, hiomatuille, kärkipylkälle, karalaatikolle ja myös tarvittaessa halkaisijamittarille.



Kuvio 1. Pomini 1, akseleiden havainnekuva hiomakoneen kyljessä

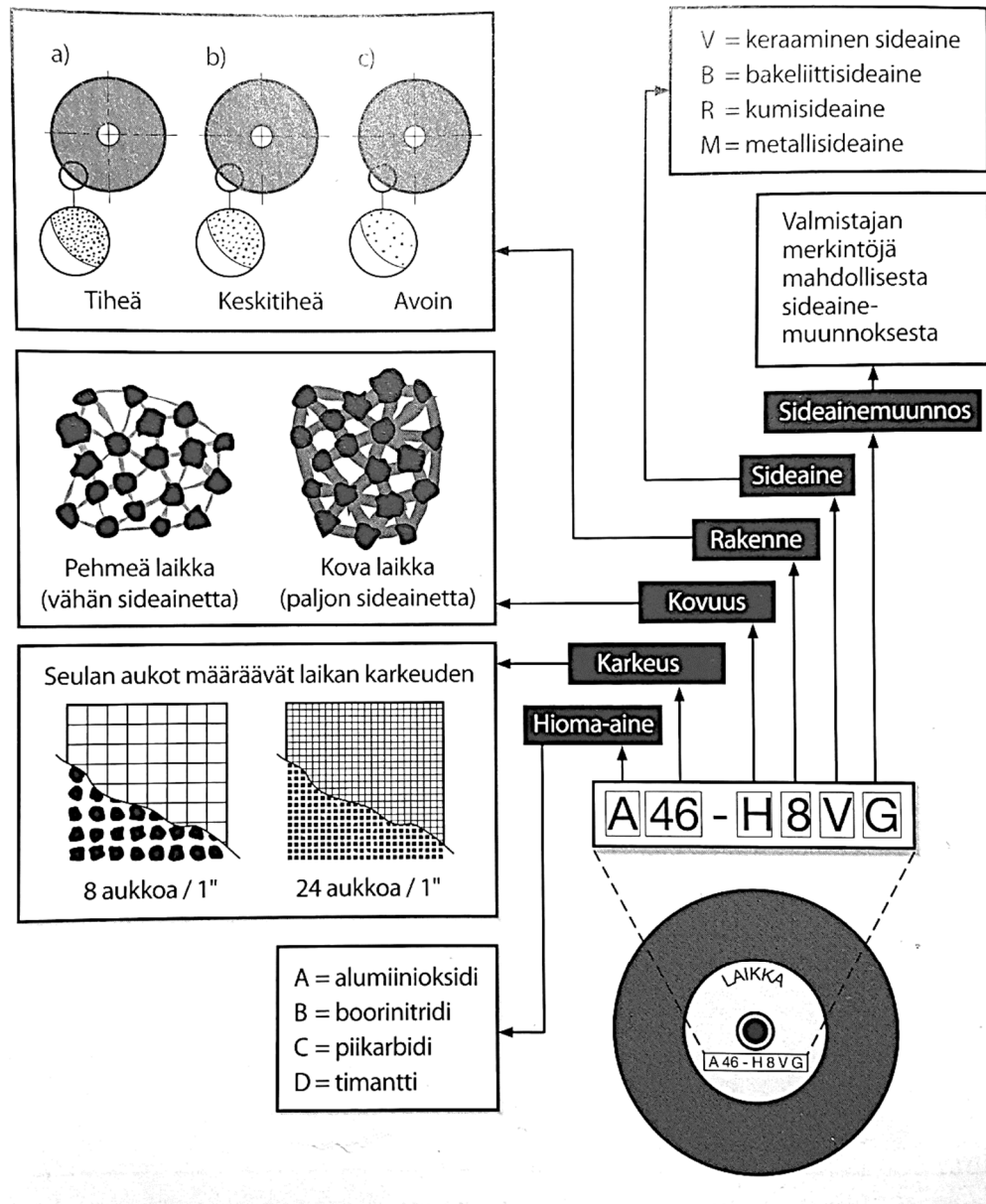
Hiomakelkka koostuu alimpana olevasta kelkkaosasta, keskellä sijaitsevasta hiomakarasta, johon hiomalaikka on kiinnitetty ja sen yläpuolella olevasta mittalaitteiden rungosta. Hiomakelkka liikkuu hiomakoneen perustuksen (hiomapedin) johteissa, jotka on täytetty voiteluöljyllä. Hiomakara on laakeroitu hiomakaran pylkkään, johon hiomalaikka on kiinnitetty. Laikka suorittaa lastuamisen. Hiomakara pyörittää laikkaa ja hiomakaran pylkkä määrää laikan lastuamissyvyyden. Sivuttaissyötön tekee hiomakelkka, jonka pitkittäisliike säädetään aseteltavilla mitta-arvoilla. Pyöröhiomakoneessa käytetään lastuamisnestettä, joka voitelee ja jäähdyttää työkalua hionnan aikana. Laikka teroitetaan aina ennen uuden hionnan alkua teroitus- eli timantoimislaitteella. Se on kiinnitetty kärkipylkkään, minne hiomakelkka siirtää laikan teroitettavaksi.

Hiomakelkassa ylimpänä on mittalaitteiden runko, jossa on särö- ja ultramittari. Liikkuvassa hiomakelkassa on seisottava taso, jossa on koneen pääkäyttöasema eli ohjauspaneeli. Sieltä pystyy operoimaan konetta tarvittaessa. Konetta ohjataan pääsääntöisesti valssihieron valvomosta. Saksalaisissa Herkules-hiomakoneissa hiomakelkkaan on kiinnitetty myös halkaisijamittari, mikä mittaa jatkuvasti työstettävän valssin halkaisijaa sen yläpuolella. Italialaisissa Pomini-koneissa halkaisijamittari on oma erillinen yksikkö, joka sijaitsee hiomakelkkaa vastapäätä toisella puolella työstettävää valssia. Se liikkuu omia johteita pitkin riippumattomana hiomakelkan liikkeistä.

Hiottava valssi asetetaan nosturilla eturungon johteisiin kahden hiontatuen päälle, kärkipylkän ja karapylkän väliin. Hiomatuot liikkuvat johteissa tarvittavalle etäisyydelle toisistaan hiottavan valssin mukaan. Valssinkaulat makaavat joko valkometallipalojen tai hydrostaattisten kannatinpalojen päällä, jotka ovat kiinni hiomatuissa. Valkometallipalat kuluvat, koska ne ovat aina pehmeämpää materiaalia kuin itse valssit. Näin estetään työstettävien valssien kaulojen pintojen vaurioituminen. Palat vaativat jatkuvaa rasvausta, jotta kitka ja kuluminen pysyisivät alhaisena. Voiteluna käytetään rasvan lisäksi kaulavoiteluöljyä. Valssia pyörittää karapylkkä, arkikielellä karalaatikko, joka koostuu karalautasesta ja sen voimalähteestä sähkömoottorista ja vaihteistosta. Valssia tukee toisessa päässä kärkipylkkä, joka estää valssin sivuttaisliikettä hionnan aikana.

### 3.2 Hiomalaikka

Hiomalaikka on hiomakoneen muuttuvin osa ja se määrää hionnan ominaisuudet, tyypin ja laadun. Erimuotoisia hiomalaikkatyppejä on useita, jokaista käyttötarkoitusta varten. Laikan ominaisuuksiin vaikuttaa laikassa käytetty hiomaine, sen karkeus, kovuus ja rakenne sekä laikan sideaine ja sideainemuunnokset. Nämä kuusi muuttuvaa ominaisuutta määräytyvät aina käyttötarkoituksen mukaan. Siksi hiomalaikkojen valmistajilla on käytössä yhteinen standardisoitu laikkojen merkintäjärjestelmä, jossa nämä kaikki ominaisuudet ilmenevät (Kuvio 2).



Kuvio 2. Hiomalaikan laatumerkinnät ja ominaisuudet (Maaranen 2012, 96)

Hiomalaikkojen käytetyimmät hioma-aineet ovat alumiinioksidi (A), timantti (D) ja piikarbidi (C). Jokaisella hioma-aineella on oma kirjainmerkintä. Kirjaimen edessä oleva numero merkitsee hioma-aineen eri muunnoksia. Toisin sanoen yhdestä hioma-aineesta voi valmistaa monta eri variaatiota. Alumiinioksidi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sopii sitkeiden aineiden kuten hiili-, seos- ja pikaterästen hiontaan. Se on yleisin hioma-aine. Laikka on väriltään esimerkiksi musta, valkoinen tai punainen. Timantti on maailman kovinta ainetta, minkä ansiosta se sopii lyhytlastuisten materiaalien, kuten kovametallin, lasin, keramiikan ja kiven hiontaan. Piikarbidi

(SiC) sopii sellaisten aineiden hiontaan, joiden vetolujuus on pieni, kuten valuraudan, messingin, alumiinin ja kovametallin. Laikka on väriltään esimerkiksi vihreä tai harmaa. Vähemmän käytetty neljäs hioma-aine on boorinitridi (B). Se on kovaa ja lämmönkestävää ainetta, minkä ansiosta se sopii karkaistun karbidipitoisen teräksen, kuten pikateräksen hiontaan. (Ihalainen ym. 2003, 202; Maaranen 2012, 96–97.)

Hiomalaikan karkeutta määrittää hiomajyvästen koko. Karkeus ilmaistaan numerolla (Taulukko 3). Seulan aukot määräävät laikan karkeuden. Ne vastaavat jyvästen lajitteluun käytettävien seulojen aukkolukumäärää pituustuumaa kohti. (Maaranen 2012, 97–98)

Taulukko 3. Hiomalaikan karkeusasteikko. (Maaranen 2012, 97)

Karkeus	Seulan aukot
Karkea	10, 12, 14, 16, 20, 24
Keskikarkea	30, 36, 46, 54, 60
Hieno	70, 80, 90, 100, 120
Erittäin hieno	150, 180, 200, 220, 240, 280, 320, 400, 500, 600

Karkealla hiomalaikalla saavutetaan suuri hiomateho, ja se soveltuu pehmeiden aineiden hiontaan. Jos halutaan karkea hiomajälki tai hiomalaikan ja työkappaleen välillä on suuri kosketuspinta, käytetään karkeaa hiomalaikkaa. Hieno laikka soveltuu kovien aineiden hiontaan. Sillä saavutetaan hyvä pinnanlaatu ja sitä käytetään muun muassa viimeistelyhiontaan, joka ei tarvitse suurta hiontatehoa. Hienoa laikkaa käytetään, jos hiomalaikan ja työkappaleen välillä on pieni kosketuspinta.

Sideaine määrittää laikan kovuuden. Mitä enemmän sideainetta on hiomalaikassa, sitä kovempi laikka on. Sideaine yhdistää hiomajyvät yhteen. Kovan hiomalaikan on kestävä kovan hiontapaineen ilman, että sen hiomajyvät irtoavat. Pehmeässä hiomalaikassa hiomajyvät irtoavat



pienelläkin hiomapaineella. Kovuus ilmaistaan kirjaimin A–Z (Taulukko 4) (Maaranen 2012, 98–99).

Taulukko 4. Hiomalaikan kovuusasteikko. (Maaranen 2012, 98)

Kovuus	Merkintä (A–Z)
Pehmeä	A–H
Keskikova	I–P
Kova	Q–Z

Hionnan laatu määrää laikan kovuuden. Pehmeä hiomalaikka soveltuu parhaiten koville aineille. Jos hiomalaikasta lähtee paljon hiomajyviä hionnan aikana, uusia tulee jatkuvasti esille ja laikka pysyy terävänä. Silloin laikkaa ei tarvitse teroittaa, mutta se kuluu nopeampaa. Kova hiomalaikka soveltuu pehmeille aineille.

Hiomalaikan rakenne koostuu hioma-ainerakeista, sideainesta ja välitiloista. Rakenteella tarkoitetaan laikan huokoisuutta ja se merkitään numerolla 0–12 tiheästä avoimeen. Sideaine sitoo hioma-ainerakeet toisiinsa hiomalaikaksi. Välitilat toimivat lastutiloina hionnan aikana. Ilmahuokosten ja sideaineen osuus koostumuksesta vaikuttaa laikan avoimuuteen ja lastutilaan. Rakenne on avoin, kun välitilat ovat suuria. Avoimella laikalla hiotaan pehmeää ja sitkeää ainetta, ja sitä käytetään silloin kun tarvitaan suurta hiomatehoa ja laikan ja työstettävän kappaleen välillä on suuri kosketuspinta. Rakenne on tiheä, kun välitilat ovat pieniä. Tiheällä laikalla hiotaan kovaa ja haurasta ainetta ja sitä käytetään silloin kun halutaan saada hyvä pinnan laatu ja työstettävän kappaleen ja laikan välillä on pieni kosketuspinta.

Laikan sideaineina käytetään tavallisimmin keraamista sideainetta (V), bakeliittisideainetta (B), kumisideainetta (R) tai metallisideainetta (M). Yleisin sideaine on keraaminen, jota käytetään tarkkuushionnassa sekä silloin, kun kehänopeudet ovat pieniä. Bakeliittisideaine on ominaisuuksiltaan lujaa ja joustavaa ja se sopii hyvin rouhintahiontaan. Kumisideainetta käytetään silloin, kun halutaan hyvä pinnanlaatu. Metallisideainetta käytetään timantti- ja

boorinitridilaikkoihin. Jos näiden neljän sideaneen sijaan käytetään sideainemuunnoksia, merkitään se lisäkirjaimilla tai -numeroilla merkintäjärjestelmässä. (Ihalainen ym. 2003, 203; Maaranen 2012, 98–99.)



Kuva 3. Herkules tukivalssin hiomalaikka, laatumerkintä

Herkules-hiomakoneen tukivalssin hiomalaikan laatumerkintä "DA36–O8BYY" (Kuva 3) kertoo, että sen hioma-aineet ovat timantti ja alumiinioksidi "DA", laikka on keskikarkea "36", se on keskikova "O", rakenne on avoin "8", sideaineena on käytetty bakeliittisideainetta "B", laikassa on käytetty sideainemuunnosta "YY".



Kuva 4. Herkules tukivalssin hiomalaikka

Laikkaan on merkitty myös (Kuva 4) valmistaja 3M, suurin sallittu kehänopeus maksimi 50 m/s, uuden laikan pyörimisnopeus maksimi 890 RPM (l/min), turvallisuusstandardimerkintä EN 12413 ja laikan mitat 1070 x 100 x 508 (halkaisija x paksuus x reiän halkaisija). Test wheel -merkintä tarkoittaa sitä, että laikka on räätälöity testien avulla optimaaliseksi yksinomaan tiettyä käyttöä varten tehtaassa. Testeissä arvioidaan, kuinka paljon hiomalaikka on kulunut, paljonko materiaalia on lähtenyt työstettävästä valssista ja paljonko kone on käyttänyt tehoa tehtyyn työhön.

Laikkatyppejä ovat suora laikka, syvennetty suora laikka, suora kuppilaikka, kartiomainen kuppilaikka, lautaslaikka katkaisulaikka, napalaikka, karalaikka ja nauhahiomapää. Geometrinen muoto ja koko määräytyvät hiomalaikan käyttötarkoituksen mukaan.

### 3.3 Lastuamisnesteet

Hiomalaikka kuumenee lastuamisen aikana. Eniten se kuumenee lastun ja rintapinnan hankauskohdasta. Lastun ja rintapinnan hankauskohdassa

aiheutuvaa kitka saadaan pienennetyksi voitelemalla kohtaa lastuamisnesteellä. Lastuamisnesteen tehtävä on voitelun lisäksi myös lämmön poistamista. Lastut itsessään varaavat lämpöä, mutta ne kulkeutuvat lastuamisnesteen mukana pois. Jotta voitelu ja jäähdytys olisi mahdollisimman tehokasta on asetettava nestesuihku oikeaan kohtaan. Pyörivän laikan ympärillä muodostuu ilmapatja ja sen seurauksena lastuamisnesteen virtausnopeus on oltava yhtä suuri kuin hiomalaikan kehänopeus. Sillä tavalla saadaan läpäistyä laikan ympärille muodostunut ilmatyyny. (Aaltonen ym. 1997, 116–120; Ihalainen ym. 2003, 198–199; Maaranen 2012, 22–24.)

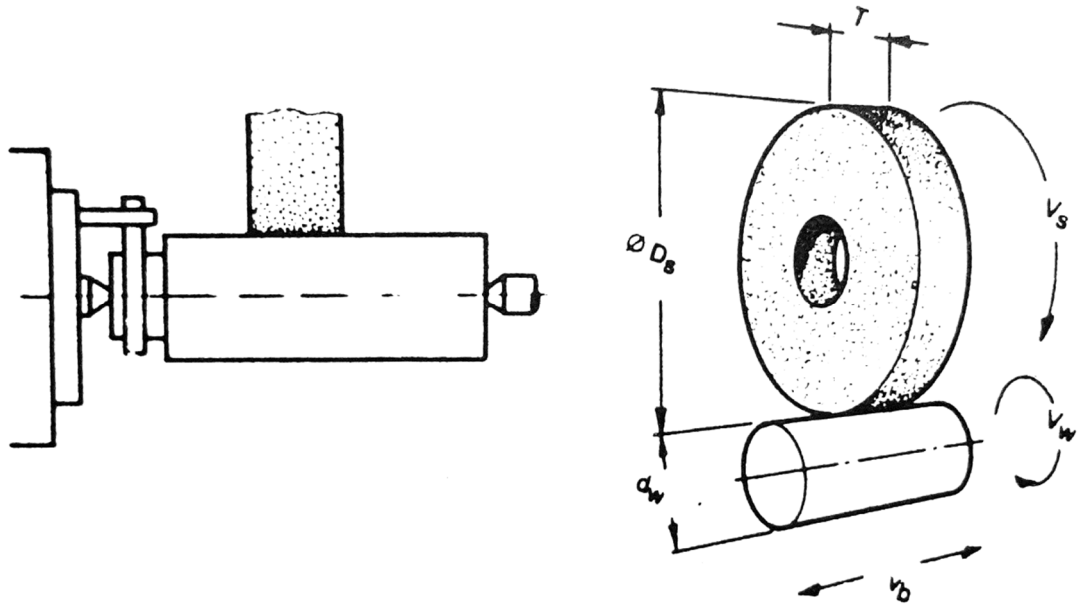
Lastuamisnesteen on täytettävä tietyt kriteerit. Bakterikannan on oltava mahdollisimman pieni ja myös hajuton, ettei se aiheuttaisi ihottumaa eikä muuta terveyshaittaa. Hionnan aikana lastuamisnestettä virtaa jatkuvasti, joten korroosion estäminen on yksi oleellinen kriteeri. Sen on myös oltava sopivan notkea ja läpikuultava.

Valssihiomossa käytetään Castrol Hysol 3505 lastuamisnestettä, joka on Semi-synteettinen lastuamisneste. Castrol Hysol 3505 soveltuu matala-keskiseosteräksiin, sekä valurautaan. Synteettiset lastuamisnesteet sopivat suurinopeuksiseen työstöön hyvän jäähdytyskyvyn takia. Hyvän jäähdytyskyvyn mahdollista lisäaineet, jotka lisätään joko vesipohjaisiin liuoksiin tai hienojakoisiin seoksiin. (Outokumpu 2017, 7–8)

### 3.4 Valssien hionta

Ulkopuolista pyöröhiontaa käytetään suorien valssien hionnassa pituussuunnassa, mitä kutsutaan pituushionnaksi. (Kuvio 3) Valssit kuluvat ja taipuvat valssauksen aikana valssaamossa, kun aihio kulkee niiden välistä. Pituushionta hioo valssien suorat pinnat. Pistohionnalla pyöristetään eli kevennetään valssien päät. Näin estetään se, etteivät valssien päät vastaa toisiinsa taipuessaan valssaamossa, eivätkä murru. Tandemvalssien hionnassa käytetään pelkästään pistohiontaa, koska valssi hiotaan CVC-muotoon (Kääriä 2010, 32–34). Myös kuumavalssaamon uudet käyttämättömät tandem-

työvalssit hiotaan CVC-muotoon valssihiomossa, sillä ne toimitetaan aina suorina valsseina.

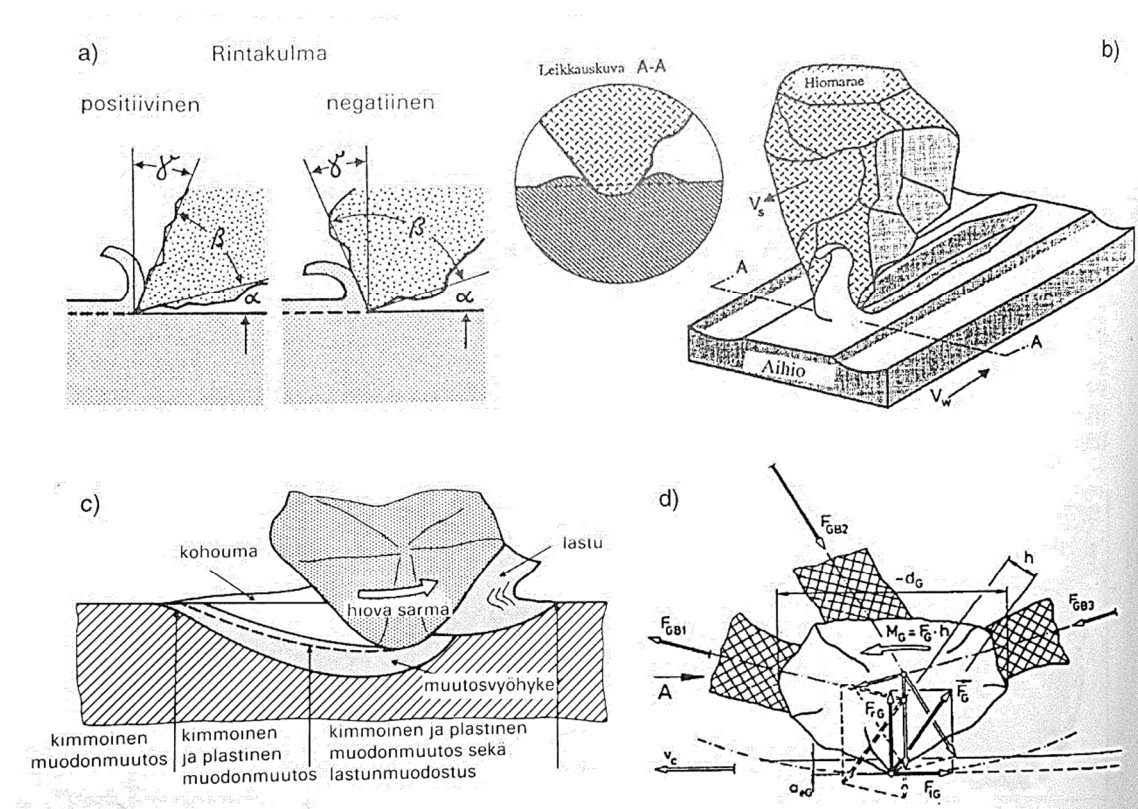


Kuvio 3. Ulkopuolinen pyöröhionta (Ihalainen ym. 2003, 200)

Kun valssi nostetaan hiomakoneeseen, tehdään aina ensin halkaisija- ja profiilimittaus. Halkaisijamittauksella nähdään molempien päiden paksuus ja halkaisijan ero. Profiilimittauksella nähdään valssin pinnan tarkka muoto. Nämä arvot analysoidaan ennen varsinaisen hionnan alkua, jotta valssi saadaan suoraksi. Ensin hiotaan valssin päät. Hionta aloitetaan aina paksuimmasta päästä. Keskeltä valssi on aina kuluneempi, sillä aihio kulkee valssin keskellä. Kun valssin molemmat päät ovat samalla tasolla, aloitetaan koko valssin hiominen. Valssi on saatu suoraksi silloin, kun keskellä oleva kulunut osa saadaan hiottua ja päät ovat samalla tasolla. Hionnassa on usein kuusi eri vaihetta. Pistojen määrä määräytyy sen mukaan, kuinka paljon valssinpäätysten halkaisijassa on eroa ja kuinka paljon valssia joudutaan työstämään.

Valssien hionnassa laikan hioma-ainerakeiden särmät irrottavat materiaalia työstettävän kappaleen pinnasta. Sillä saavutetaan haluttu pinnankarheus ja mittatarkkuus. Leikkausmekanismin välityksellä saadaan aine irtoamaan. Hioma-ainerakeen rintakulma on yleisesti negatiivinen työstettävään valssiin nähden, keskimäärin  $-30^{\circ}$ ... $-40^{\circ}$  ja maksimissaan  $-80^{\circ}$ . (Kuvio 4) Sen takia hioma-

ainerakeen muoto on geometrisesti epämääräinen. Työstettävän kappaleen pinnanlaatu vaikuttaa siihen, miten hioma-ainerakeet käyttäytyvät. Hiominen onnistuu, kun työstettävässä valssissa tapahtuu plastista muodonmuutosta. Plastisella muodonmuutoksella tarkoitetaan aineen pysyvää muodonmuutosta, kuten metallilastun taipuminen ja katkeaminen hiomisen aikana. Kun laikan terä tylsyy, hionnan aikana tapahtuu vain elastista muodonmuutosta. Elastisella muodonmuutoksella tarkoitetaan aineen kykyä palautua alkuperäiseen muotoon sen jälkeen, kun siihen kohdistuu joku voima. Silloin ei lastuamista enää tapahdu, vaan hiomalaikka vain painaa valssia vasten ja pyörii tyhjää. Laikka on teroitettava säännöllisesti, jotta hiominen tuottaisi aina halutun plastisen muodonmuutoksen. (Aaltonen ym. 1997, 240–242; Ihalainen ym. 2003, 197–198.)



Kuvio 4. Hiomalaikan leikkausmekanismi (Ihalainen ym. 2003, 198)

Kuumavalssaamolla on viisi eri hiomakoneetta. Jokaisella hiomakoneella on oma hiontaohjelma. Hiontaohjelmat ovat pääsääntöisesti samat. Valssien hionnan avulla pyritään poistamaan valssauksesta aiheutuneet pintavirheet sekä kulunut

ja kovettunut pintakerros. Samalla palautetaan oikea geometrinen muoto ja pidetään valssin pinnanlaatu tasaisena.

Valssi asetetaan ensin hiomakoneeseen. Alkumittauksen jälkeen, johon kuuluu valssin halkaisija- ja profiilimittaus, alkaa ensimmäinen rouhinta. Valssin halkaisija mitataan kolmesta kohdasta keskeltä ja molemmista laidoista. Profiilimittauksella nähdään valssin kuluneisuus. Ensimmäisellä rouhinalla eli karhealla rouhinnalla hiotaan valssin kovettunut ja kulunut pintakerros. Ensimmäisen rouhinnan jälkeen tapahtuu välimittaus. Välimittauksessa kone vertaa valssin profiilia tavoiteprofiiliin. Hiomakone arvioi mittauksen perusteella tarvittavat korjausliikkeet muuttamalla laikan kulmaa. Sitä kutsutaan kartionkompensaatioksi. Välimittauksen jälkeen seuraa toinen rouhinta. Toisen rouhinnan jälkeen tapahtuu särömittaus. Särömittauksessa nähdään valssin pinnalla olevat mahdolliset säröt eli halkeamat ja iskujäljet. Jos halkeamat ylittävät 5 mm niin siinä tapauksessa valssia ultrataan. Ultralla nähdään syvemmällä valssia verrattuna särömittaukseen. Jokaisessa hiontaohjelmassa on asetettu omat särö- ja iskujälkien rajat, jotka ei saa ylittyä. Valssia hiotaan niin kauan, kunnes päästään tavoitteeseen. Särömittauksen jälkeen tehdään silotusta ja kipinöintiä. Ne ovat viimeistelyohjelmia. Jos loppumittauksen jälkeen halkaisija- ja profiilimittaukset ovat annettujen toleranssien sisällä, operaattori hyväksy valssin. (Lampela & Sorvoja 2018)

### 3.5 Hiontavirheet

Valssauksen seurauksena valsseja on hiottava tietyn väliajoin. Valssien hionnan avulla pyritään poistamaan valssauksesta aiheutuneet pintavirheet sekä kulunut ja kovettunut pintakerros. Samalla palautetaan oikea geometrinen muoto ja pidetään valssin pinnanlaatu tasaisena. Hionnan aikana voi ilmestyä hiontavirheitä, jotka vaikuttavat hionnan lopputulokseen. Hiontavirheet voi korjata hionnan aikana tai hionnan jälkeen riippuen viasta. Yleisimmät hiontavirheet ovat pyöreysvirheet, lieriömäisyysvirheet sekä syöttöraidat. (Huru 2009, 41–42; Mäkelä 2016, 37.)

Pyöreysvirheet johtuvat koneen epätarkasta linjauksesta. Hiomakoneen linjoitus edellyttää, että karapylkän, kärkipylkän sekä valssin keskipiste ovat samassa

linjassa. Valssin laakeripesien ja valssin pyörittäjän välyksellisyys sekä laakeripesien huono istuvuus aiheuttavat pyöreysvirheitä, koska valssi alkaa liikkua pyöritettäessä. Myös liiallinen syöttönopeus aiheuttaa pyöreysvirheitä. Lieriömäisyysvirheet johtuvat hiomakoneen epätarkasta linjauksesta. Hiontatukien kulutuspalojen voitelun epäonnistuminen aiheuttaa palojen ylikuumenemista, minkä seurauksena kulutuspalat sulavat ja valssin linjaus muuttuu. Hiomakoneen linjaukseen vaikuttaa jalustojen ja hiontatukien kosketuspintojen epäpuhtaudet. Hiomalaikan teroituksen epäonnistuminen, teroitusvälin harveneminen sekä hiomalaikan epätasapainotus vaikuttavat valssin pinnanlaatuun. (Maaranen 2012, 125–127; Lampela & Sorvoja 2018.)

### 3.6 Hionta-asetusten muuttaminen eli tällinteko

Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamolla on käytössä kolme eri valssityyppiä, tuki-, väli- ja työvalssit. Kun valsseja hiotaan, on otettava huomioon, mikä valssityyppi on kyseessä ja hiotaanko valssia laakeripesien kanssa vai ilman. Kun valssityyppi vaihtuu, on hiomakoneen asetuksia muutettava fyysisesti lisäämällä tai poistamalla hiontaan tarvittavia koneen osia sekä muuttamalla hiontaohjelman asetuksia sopiviksi. Tämä tehdään aina käsin ja asetusten muuttamisesta vastaa aina sen tehnyt operaattori. Hiomakoneen asetusten, parametrien ja hiontatukien muuttamista kutsutaan tällinteoksi.

Tällinteossa muutetaan hiontatukien ja kärjen asemaa. Myös hiomalaikka vaihdetaan riippuen valssityypistä. Tukivalssien hionnassa käytetään eri hiomalaikkaa kuin työ- ja välivalssille, joita voidaan hioa samalla lailla. Hiontatukia on myös eri tyyppisiä. Hiomakoneessa on kaksi hiontatukea, kärjen ja karapuolen hiontatuki. Jokaisella valssityypillä on ohjelmoitu omat raja-arvot, joiden mukaan hiontatukien ja kärjen asemaa vaihdetaan. (Herkules 2017, 24–25; Lampela & Sorvoja 2018.)

Hionta-asetusten muuttaminen eli tällinteko on oleellinen osa hiomisprosessia. Sillä taataan valssin hionnan tasainen laatu. Sitä hankaloittaa kuitenkin se, että jokaisen uuden työntekijän on opeteltava jokaisen valssityypin hionta-asetukset



ja työvaiheet erikseen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on valmistaa tällinteko-ohjeita, joilla pyritään maksimoimaan hiontaprosessin onnistuminen, tehokkuus ja standardisoimaan työnkesto.

## 4 TARKASTUSMENETELMIEN TEORIA

### 4.1 Geometriset mittaukset

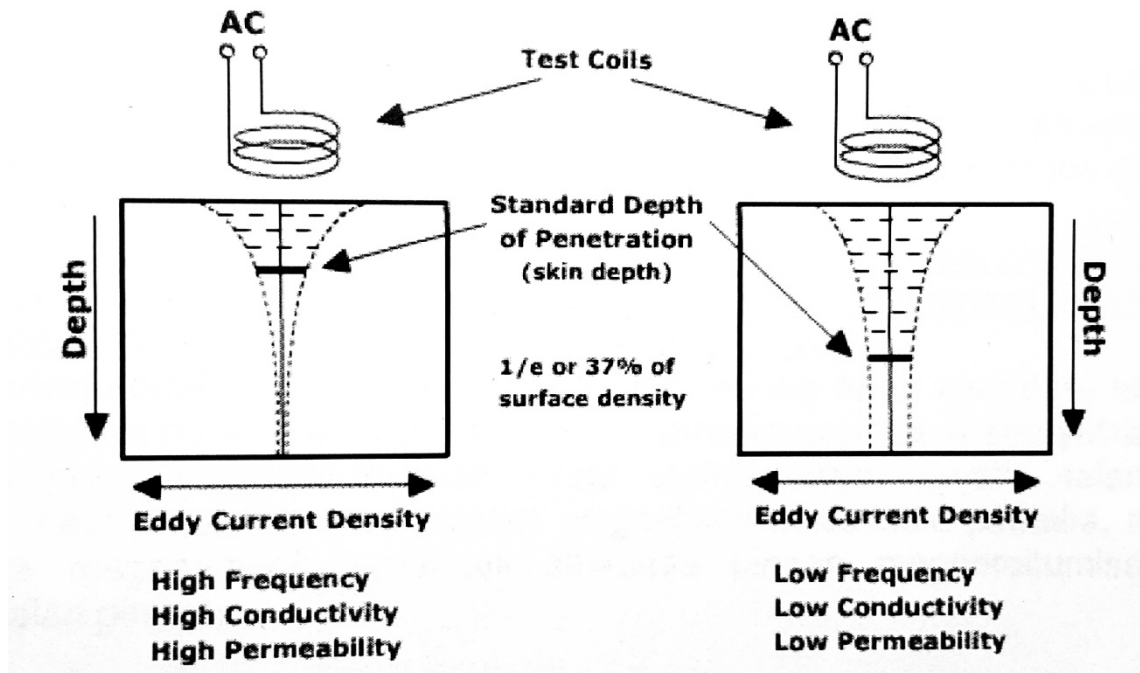
Geometrisilla mittauksilla tarkoitetaan kappaleen mitoitusta. Siihen kuuluu halkaisijamittaus, kartiomaisuuden mittaus sekä epäkeskeisyyden mittaus. Näitä mittauksia käytetään hiontaprosessissa. Kaikissa kuumavalssaamon hiomakoneissa lukuun ottamatta Herkules WS 450:tä on kiinteä mittalaitteisto. Niillä mitataan valssin halkaisija, profiili, kartiomaisuus (nimitetään myös porkkana-muodoksi), valssin muoto ja linjaus. Herkules WS 450:ssä mittaus tapahtuu manuaalisesti mikrometrimittalla. (Lampela & Sorvoja 2017.)

Mittauksella saadaan fyysisiä arvoja, jotka kuvastavat mitattavan kohteen ja vertailuysikön suhdetta. Vertailuysikkö määrittää kvaliteetin eli mittayksikön tunnuksen mitatulle arvolle. Mittausvälineet voivat olla mekaanisia, optisia tai laserilla toimivia. Mekaaniset mittalaitteet ovat laajasti käytössä olevia mittavälineitä, johon kuuluvat mikrometrit, työntömitat, korkeudenmittauslaitteet, mittakellot, mittauspöydät, -tuet ja -jalustat sekä mittapalat. Valssihiomossa käytetään halkaisijamittaukseen mikrometriä, valssin linjaukseen heittokelloa ja valkometallipalojen korkeussäätöön työntömittaa. Optista mittausta käytetään teollisissa valmistusprosesseissa, ja se perustuu infrapunasäteen käyttöön. Nämä mittaukset ovat 3D-mittaussovellukset, johon kuuluu muodot, ulottuvuudet, pinnan topografia ja pinnan laaduntarkastus. Lasermittausta käytetään tarkoissa linjauslaitteissa. (Keinänen & Järvinen 2014, 11–13)

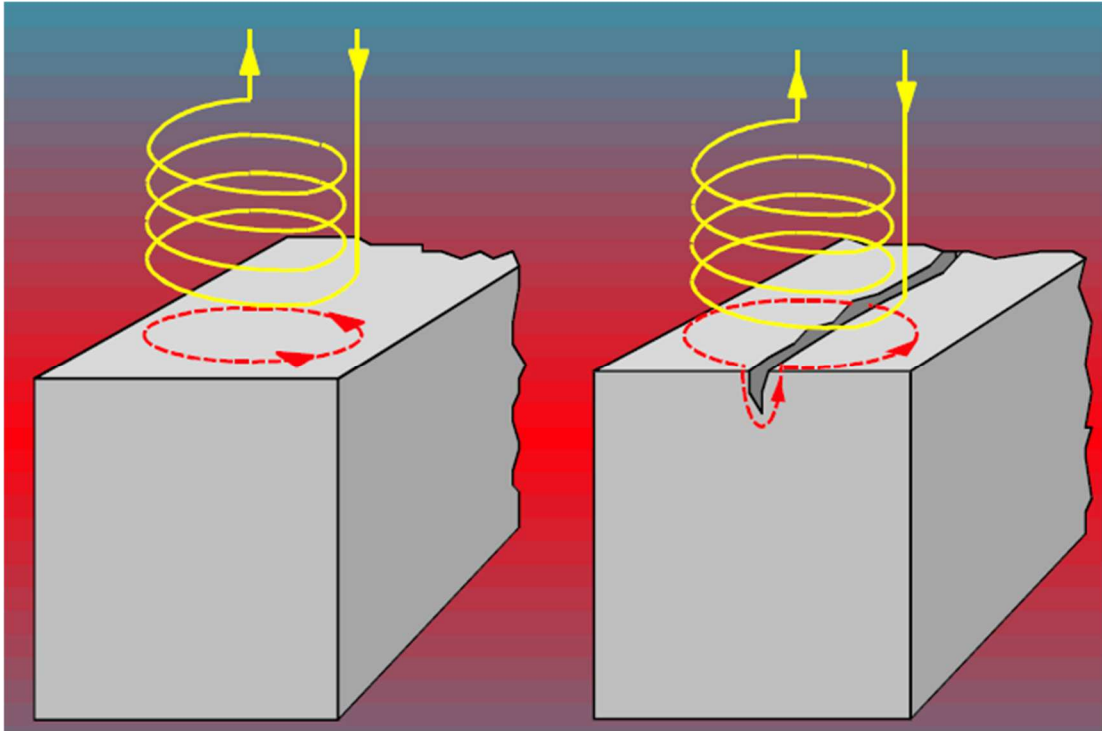
### 4.2 Pyörrevirtamittaus

Pyörrevirtamittausta (NDT= Non Destructive Testing) käytetään säröjen tunnistamiseen, johtavuuden mittaukseen sekä materiaalin ja päällysteen paksuuden mittaukseen. Sähkömagneettinen induktio on menetelmä, joka mahdollista pyörrevirran muodostamisen jossa pyörteet muodostuvat johtimien ympärillä. Johtimen ympärille sekä sisäpuolelle muodostuu magneettikenttä, kun siihen syötetään vaihtovirtaa. Magneettikentän voimakkuus vaihtelee vaihtovirran mukaan. Sähköä johtavan materiaalin ja johtimen väliin muodostuu

sähkömagneettinen induktio, jossa materiaalin magneettikenttä (toisio) vastustaa johtimen magneettikenttää (ensiö). Pyörrevirran tunkeutumisvyvyys ja voimakkuus vähenevät eksponentiaalisesti syvyyden kanssa, jota kutsutaan virranahdoksi (Kuvio 7 & 8). Tarkastettavan materiaalin pinnalla ja pinnan sisäpuolella muodostuvien toisiokenttien voimakkuus pysyy samana, mutta ensiökenttien voimakkuus pienenee syvyyden mukaan. (Pomini 2009, 4–7, Herkules customer training 2017a, 6.)



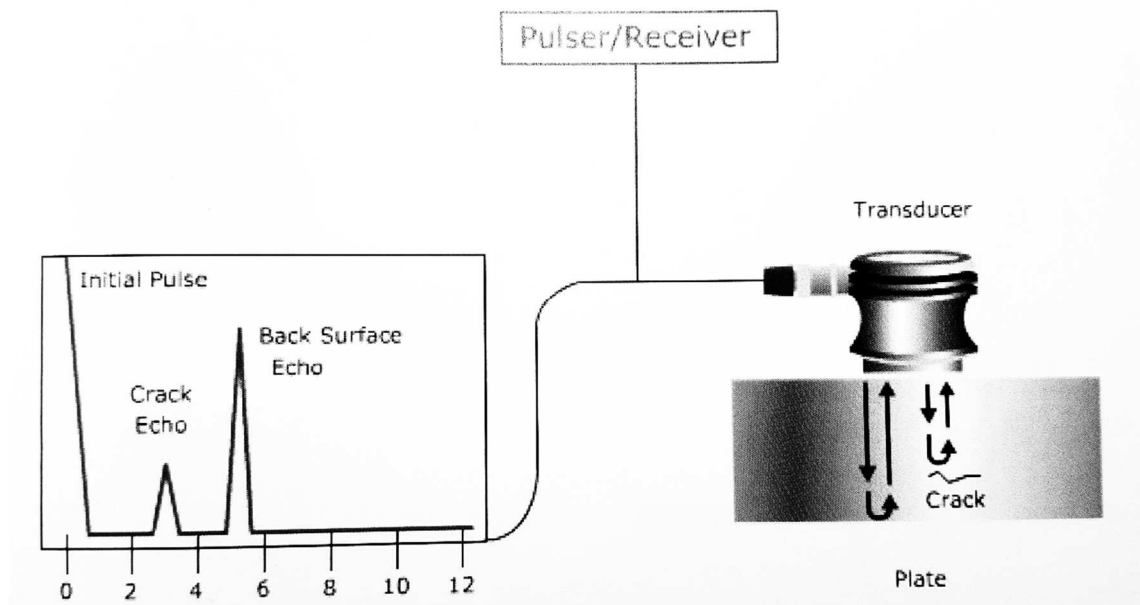
Kuvio 7. Pyörrevirtauksen tunkeutumisvyvyys (Pomini 2009, 6)



Kuvio 8. Pyörrevirtamittaus ilman halkeamaa ja halkeaman kanssa (Herkules customer training 2017a, 6)

#### 4.3 Ultraäänitarkastus

Ultraäänitarkastusmenetelmällä mitataan pinnallisia sekä pinnanalaisia poikkeamia. Tällä menetelmällä on parempi tunkeutumissyvyys poikkeamien havaitsemiselle ja mittaukselle verrattuna muihin NDT- metodeihin. Ultraääni on ääniaalto, joka kulkeutuu materiaalin läpi, kunnes ääniaalto törmää materiaalin poikkeamaan (särö). Törmäyksen jälkeen osa ääniaallon energiasta heijastuu takaisin pinnalle, tällä tavoin määritetään poikkeaman syvyys. Poikkeaman etäisyys määritetään impulssin kulkeman matkan ajasta. Ultraäänitarkastus paljastaa mitattavan kappaleen sisällön. Ultraäänilaitteisto koostuu yleensä muuntimesta, visualisointilaitteistosta sekä impulssigeneraattorista, johon kuuluu myös vastaanotin (Kuvio 9). Impulssigeneraattori tuottaa ääniaaltoja ja vastaanottaa niitä. Muunnin muuttaa ääniaallon signaalin sähkösignaaliksi, minkä jälkeen se visualisoituu näyttöruudussa (Pomini 2009, 12–15).



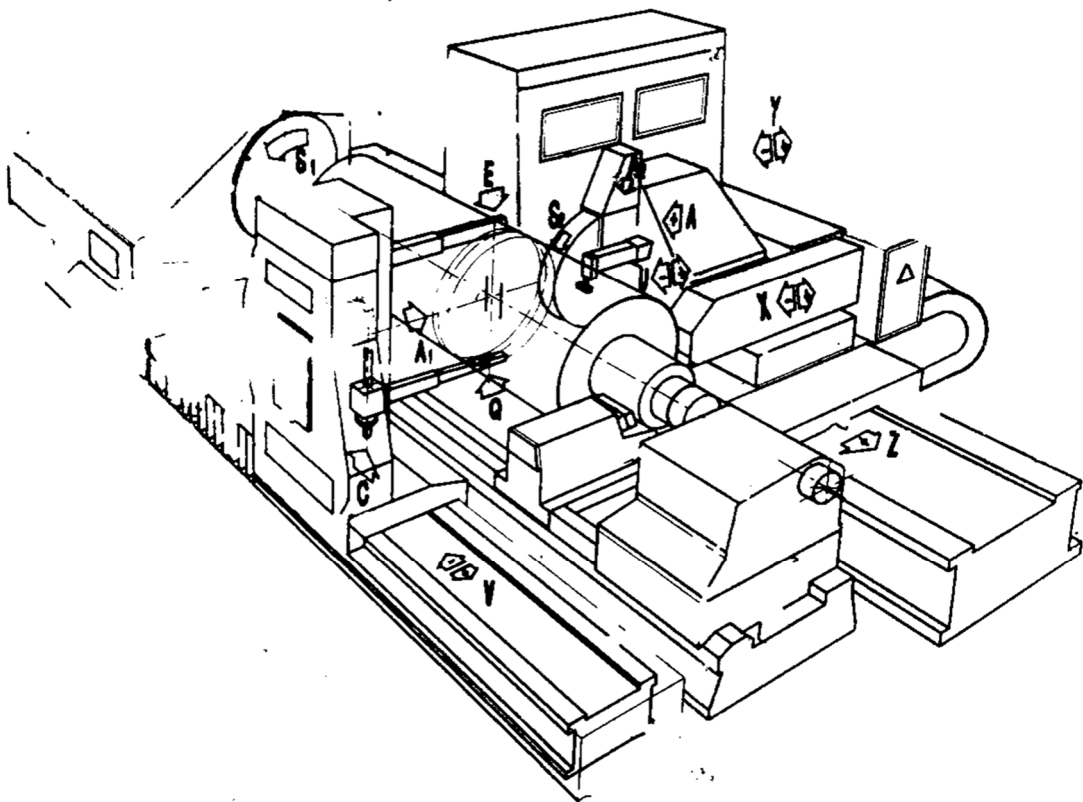
Kuvio 9. Ultraäänitarkastuksen toimintaperiaate. (Pomini 2009, 14)

## 5 HIOMAKONEET

Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon hiomossa tukivalssseja hiotaan pääasiassa kahdella hiomakoneella Pomini 1 ja Herkules WS 1100. Tässä opinnäytetyössä tukivalssien hionnan tällinteen ohjeet tehdään näille kahdelle hiomakoneelle. Tästä syystä on tarpeellista syventyä vain Pomini 1 ja Herkules WS 1100 hiomakoneen rakenteeseen.

### 5.1 Pomini 1 (HK3)

Pomini 1 on automaattinen hiomakone, jota ohjataan numeerisesti tietokoneella. Hiomakone on suunniteltu valssin hiontaan ja viimeistelyyn. Pomini 1 hiomakoneella saavutetaan valssin haluttu profiili ja halkaisija. Pominilla pystyy hiomaan valssin erittäin tiukoilla toleransseilla. Pomini 1 koostuu taka- ja eturungosta sekä mittalaitteen johteesta. Eturungossa on kaikki koneen osat, jotka tukevat ja pyörittävät valssia. Takarungossa sijaitsevat kaikki valssin lastuamiseen tarvittavat osat. (Pomini 2004, 13–14; Lampela & Sorvoja 2017 ja 2018.)



Kuvio 3. Pomini 1 hiomakoneen akseleiden havainnekuva

Taulukko 5. Pomini 1 hiomakoneen akselit ja niiden tehtävät

SYÖTTÖAKSELIT	LIIKE
Z	Z-akseli ilmoittaa hiomakelkan liikesuunta pitkittäisakselilla.
X	X-akseli on hiomakelkan syöttösuunta.
Y	Y-akseli toteuttaa hiomalaikan kaltevuuskulman.
U	U-akseli kompensoi hiomalaikan kulumisen ja kulkee X-akselin kanssa samansuuntaisesti.
MITTAJÄRJESTELMÄN AKSELIT	LIIKE
A	A-akseli määrittää hiomalaikan halkaisijan
A1	A1-akselilla liikutetaan mittakelkkaa kohtisuorassa valssiin nähden.
C	C-akseli ilmoittaa mittavarsien lineaarisen liikkeen.
E/Q	E- ja Q-akselit ovat mittavarsien kärjissä olevat mittausanturit.
V	V-akseli ilmoittaa mittakelkan liikesuunta pitkittäisakselilla.
NIVELAKSELIT	LIIKE
S1	S1-akseli on karalautasen kierto
S2	S2-akseli ilmoittaa hiomakoneen akselin pyörimisliikkeen.

Pomini 1 hiomakoneen liikesuunnat ilmoitetaan akseleina havainnekuvan mukaisesti (Kuvio 10). Havainnekuvan akselit on listattu taulukossa 5. Takarungon päällä kulkee hiomakelkka johteita pitkin (Z-akseli). Hiomakelkkaa liikutetaan pitkittäisakselilla sivuttaissuunnassa sähkömoottorin avulla Z-akselilla. Sähkömoottori pyörittää kulmavaihdetta, joka välittää liikkeen hiomakelkan johteissa olevaan hammastankoon. Hiomakelkka koostuu kahdesta osasta, kelkan alustasta/runko-osasta (Z-akseli) ja sen päällä johteissa liukuvasta

hiomalaikasta (X-akseli). *X-akselia* pitkin kulkevalla hiomalaikalla säädetään laikan syöttöä kohtisuorassa valssia vasten. Saman suuntaisesti liikkuvat myös A- ja U-akselit. *A-akseli* määrittää hiomalaikan halkaisijan. Laikan halkaisijamittauksen anturi (kärsä) mittaa laikan halkaisijan joka iskun jälkeen. Anturi ajetaan valssin pintaan kiinni ja se määrittää sen hetkisen laikan kulumisen ja uuden halkaisijan. Laikan kulumisen kompensoidaan liikuttamalla laikkaa U-akselilla kulumisen verran lähemmäksi valssia. *Y-akseli* säättää hiomalaikan kaltevuuskulman eli hienosyötön. Sillä saavutetaan valssin haluttu profiili, se mahdollistaa muun muassa CVC-muodon hionnan ja sillä tehdään valssien kevennykset. Hiomakelkassa hiomalaikan kara pyörittää hiomalaikkaa. Hiomalaikan moottori välittää liikkeen hihnavetoisesti hiomakiven akselille (S2-akseli) (Pomini 2004, 15–17).

Takarungon johteet on suojattu johdesuojilla, jotka estävät epäpuhtauksien ja lastuamismesteen pääsyä johteisiin (Kuva 5). Hiomakelkka ja johteet eivät ole kosketuksissa toisiinsa, koska johdevoiteluöljyä pumpataan koneistettujen pintojen väliin, joka muodostaa öljykalvon. Kalvon paksuus on noin 0.2 µm. Öljyn tehtävänä on suojata johteet kulumiselta. Hiomakelkan johteet Z-, X- ja U-akselilla toimivat kaikki samalla periaatteella.



Kuva 4. Pomini 1 -hiomakoneen takarunko



Eturunko koostuu karapylkän karasta, kärkipylkästä ja hiontatuista. Karapylkä pyörittää karalautasta, joka pyörittää valssia. (Kuva 6) Karalautasen ja valssin välissä on pyörittäjä, joka toimii kytkimenä. Työvalsseilla on eri pyörittäjä kuin tukivalsseilla. Pyörimisliike välittyy sähkömoottorilla kiilahihnojen ja hihnapyörien avulla karalautaseen. S1-akseli ilmoittaa karalautasen pyörimisliikkeen. Kärkipylkän tehtävänä on tukea valssia aksiaalisessa suunnassa. Kärkipylkä koostuu päärungosta sekä holkista. Päärunkoa pystyy liikuttamaan Z-akselin suuntaisesti. Runko liikkuu samoissa johteissa hiontatukien kanssa. Hiontatuet ja kärkipylkän päärunkoa liikutetaan hydrostatiikan avulla, missä pintojen väliin muodostetaan öljykalvo, jota pitkin päärunko ja hiontatuet kulkevat. Holkin avulla tuetaan valssia. Holkin pää on kartion muotoinen ja sitä suojataan puskurin avulla. Holkki liikkuu kärkipylkän rungosta itsenäisesti päärunгон suuntaisesti (Pomini 2004, 17).



Kuva 5. Pomini 1 (HK3) hiomakoneen eturungossa vas. sininen karapylkä, oik. keltainen mittakelkka, takana näkyy hiottava valssi ja hiontatuet sekä hiontakelkka.

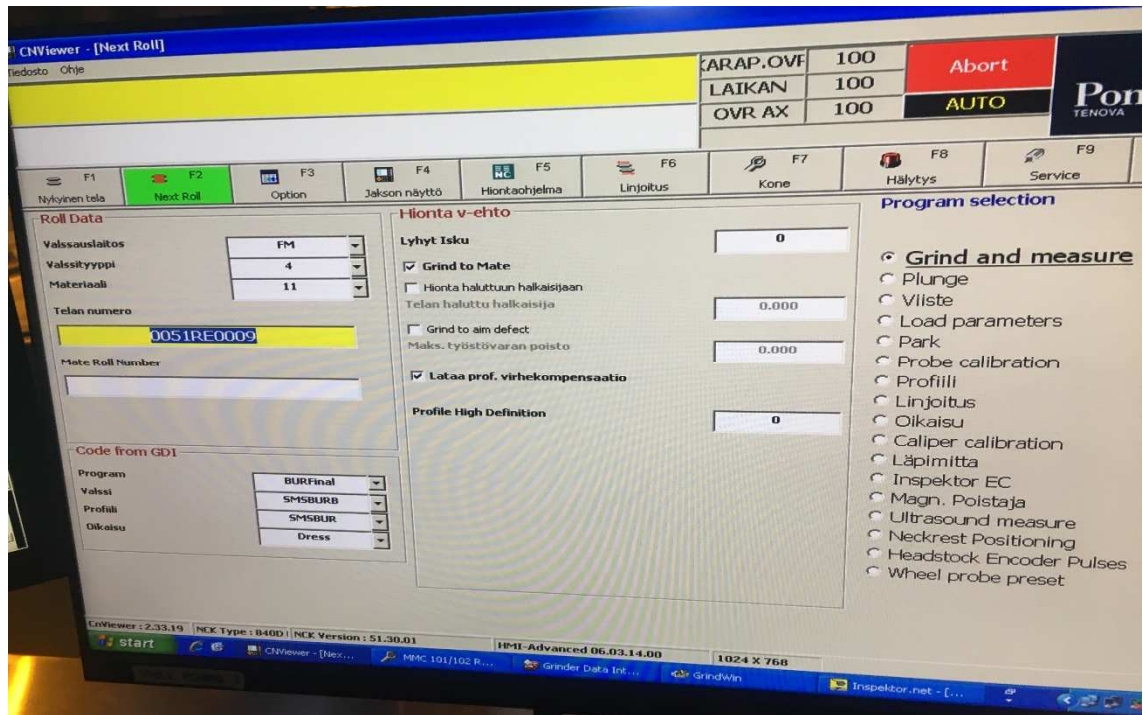
Hiontatuet tukevat valssia valssin kauloista. Jokaisessa tuessa on kaksi liukupalaa, jotka tukevat valssia vaaka- sekä pystysuunnassa. Liukupalat ovat

valkometallia ja ne ovat paljon pehmeämpää materiaalia verrattuna valssin materiaaliin. Siksi valkometallipalat vaativat jatkuvaa voitelua. Voitelu vähentää kitkaa ja pitää palojen lämpötilan alhaisena. Tandem/FX-työvalssit ja Steckel/NV-työ- ja välivalssit hiotaan aina laakeripesien kanssa ja niitä tuetaan valssin kauloista sekä laakeripesistä. Tukivalssseja hiottaessa tuetaan joko laakeripesistä tai kauloista, koska niitä hiotaan joko pesien kanssa tai ilman pesiä. Hiontatuet tukevat myös työvalssien ja välivalssien laakeripesiä. Ennen hionnan alkua pesänkääntäjät kääntävät laakeripesät vaakatasosta pystyyn, jotta hiomalaikka tai hiomakelkka ei törmäisi pesiin. Pesäkääntäjien lisäksi laakeripesät kevennetään erillisillä hydraulisylintereillä. Steckel/NV-tukivalssit hiotaan ilman laakeripesiä. NV-tukivalssin hiontatuet ovat toimintaperiaatteelta samanlaiset, mutta niistä puuttuu pesänkääntölaitteet ja pesänkeventimet. Tandem/FX-tukivalssit hiotaan laakeripesineen. Laakeripesät lasketaan tukien päälle (Lampela & Sorvoja 2017 ja 2018).

Mittalaite eli mittakelkka liikkuu *V-akselilla* sivuttaissuunnassa. Mittakelkka on erillinen yksikkö, joka kulkee omilla johteilla koneen suuntaisesti. Mittalaitteen mittavarret liikkuvat toisiinsa nähden poispäin tai kohti (C-akseli), niin että valssi jää mittavarsien väliin. Mittavarsien välinen etäisyys valssin keskipisteestä on lineaarisesti yhtä kaukana toisistaan. Mittavarret kääntyvät 90° sivuttaissuunnassa, millä vältetään mittavarsien törmäminen hiomakoneeseen mittakelkan liikkuessa. Valssin profiilimittaus tapahtuu kahden anturin avulla viemällä mittavarret valssin pintaan kiinni (C-akseli). Niiden antureissa on pieni joustovara (E- ja Q-akseli), jonka avulla saadaan määritettyä valssin profiili ja halkaisija. *A1-akselilla* liikutetaan mittakelkkaa kohtisuorassa valssiin nähden. (Pomini 2004, 17–18; Lampela & Sorvoja 2017 ja 2018.)

CNViewer on Pominin käyttöliittymä (Kuva 7). Käyttöliittymällä pystytään ohjaamaan hiomakoneen eri toimintoja ja asetuksia. Hiomakonetta voidaan operoida hiomakelkasta tai valssihiomon valvomosta. Hiomakoneen hiomakelkasta ja valssihiomon valvomosta löytyvät samat ohjauspaneelit. Ohjauspaneelit ovat yhteydessä toisiinsa. Pomini 1:llä pystyy hiomaan valssia automaattisesti alusta loppuun, mutta operaattori voi puuttua hiontaprosessiin

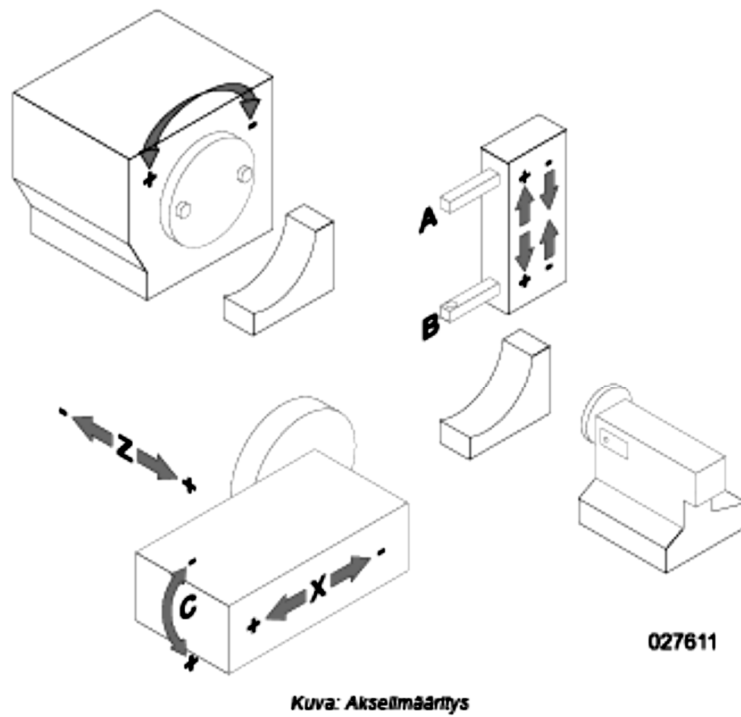
tarvittaessa. Operaattori suorittaa tällintekoa ja laikan vaihtoa. (Pomini 2004, 20–22; Lampela & Sorvoja 2017; 2018)



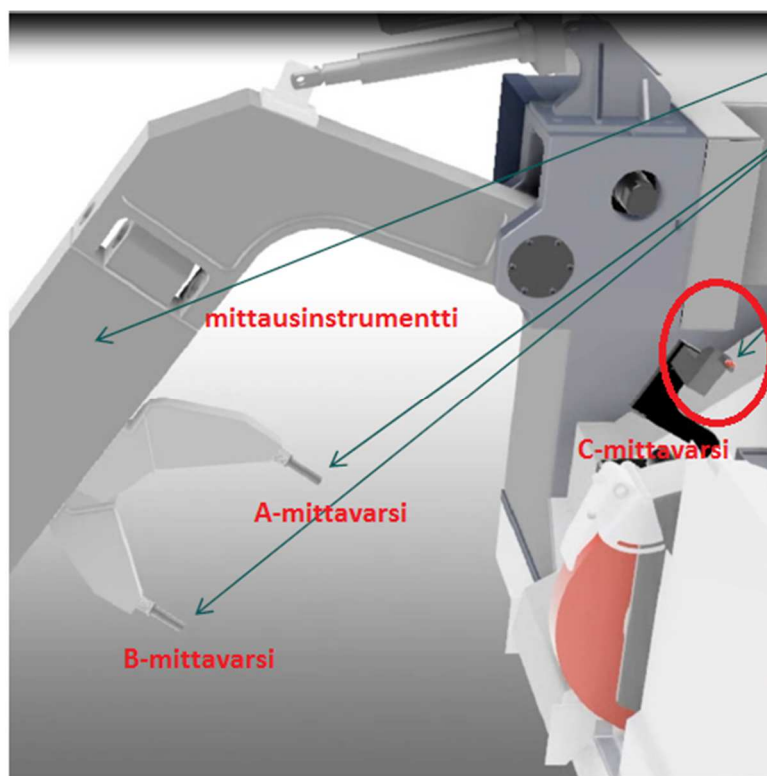
Kuva 6. CNViewer-käyttöliittymä. (Kuva: A. Delhas 2018)

## 5.2 Herkules WS 1100 (HK5)

Herkules WS 1100 (HK5) on Outokumpu Stainless Oy:n uusin vuonna 2017 hankittu automaattinen hiomakone, jota ohjataan numeerisesti tietokoneella. Hiomakone on suunniteltu valssin hiontaan ja viimeistelyyn. Herkules -hiomakoneella saavutetaan valssin haluttu profiili ja halkaisija. Herkules WS 1100 pystyy hiomaan valssin äärimmäisen tiukoilla toleransseilla. Hiomakone koostuu taka- ja eturungosta. Eturungossa on kaikki koneen osat, jotka tukevat ja pyörittävät valssia. Takarungossa sijaitsevat kaikki valssin lastuamiseen tarvittavat osat sekä mittakelkka, jossa on sijoitettuna kaikki tarvittavat mittalaitteet. (Lampela & Sorvoja 2017; Herkules 2017; Lampela & Sorvoja 2018.)



Kuvio 11. Herkules WS 1100 hiomakoneen akseleiden havainnekuva (Herkules 2017, 2)



Kuvio 12. Herkules WS 1100 hiomakoneen mittalaitteisto sekä C-mittavarsi (Herkules customer training 2017b, 2)

Taulukko 6. Herkules WS 1100 hiomakoneen akselit ja niiden tehtävät.

SYÖTTÖAKSELIT	LIIKE
Z	Z-akseli on hiomakelkan liikesuunta pitkittäisakselilla.
X	X-akseli on hiomakelkan syöttösuunta.
C	C-akseli toteuttaa hiomalaikan hienosäädön.
MITTAJÄRJESTELMÄN AKSELIT	LIIKE
A-/B	A-/B mittavarret mittaa horisontaalisen linjauksen
C-mittavarsi	C-mittavarsi mittaa aksiaalisen suunnan.
NIVELAKSELIT	LIIKE
Karalautasen käyttölaite	Karalautasen kierto.
Hiomalaikkakäyttö	Hiomakaran kierto.

Herkules WS 1100 -hiomakoneen liikesuunnat ilmoitetaan akseleina havainnekuvan mukaisesti (Kuvio 11–13) ja akselit on listattu taulukossa 6. Hiomakelkka liikkuu johteita pitkin pitkittäisakselilla Z ja kelkan pitkittäisliike on varmistettu rajakytkimillä. Akselilla on oma positiomittausjärjestelmä ja jokaiselle valssityypille on määrätty omat mitat, mitkä määräävät Z-akselin liikkeen hionnan aikana. Hiomalaikan syöttösuunta työstettävää valssia kohden määritetään X-*akselina*. Laikka liikkuu johteita pitkin ja sen mittausjärjestelmä kertoo työstettävän kappaleen materiaalin poiston. Hiomalaikan liike on varmistettu rajakytkimillä, liike välittyy palloruuvien avulla. Hiomalaikan hienosäädön toteuttaa C-*akseli*, jonka avulla toteutetaan työstettävän materiaalin profiili. C-akselin liike toteutetaan kiilan avulla ja sitä ohjataan servomoottorilla. C-akselin syöttöliike saavutetaan hiomakelkan yläosan kallistuksella kääntöpisteen ympäri hiomalaikka-akselin alapuolella (Maschinenfabrik Herkules 2017b). Servokäyttö saa aikaan kiilan kautta hiomalaikka-akselin siirtymisen. Akseli on varustettu rajakytkimillä. Mittalaitteen A- ja B-mittavarret on sijoitettu mittausinstrumenttiin (Kuvio 12). Mittausantureita siirretään samakeskisesti eli lineaarisesti.

mittausinstrumentti

mittalaite

valssi

hiomalaikka

hiomakelkan yläosa

kärkipylkkä

hiomakelkka

betoniallas

Monolith-peti

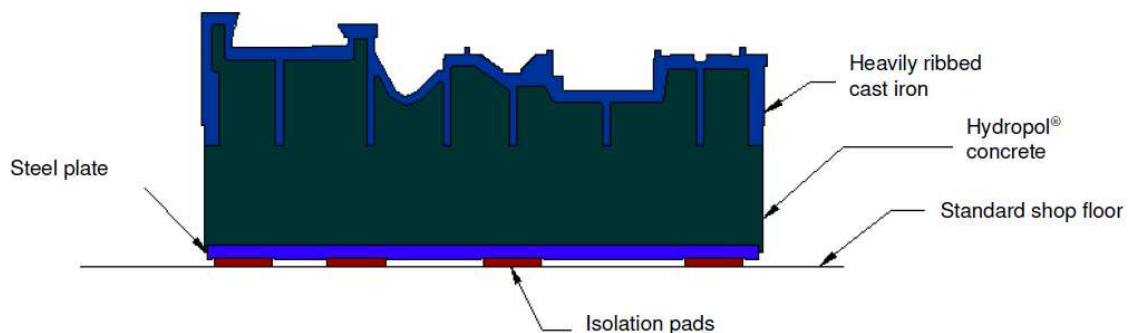
Kuvio 13. Herkules WS 1100 hiomakoneen poikkileikkaus (Maschinenfabrik Herkules 2017d, 21)





Kuva 8. Herkules WS 1100 hiomakoneesta eturungonpuoleinen kokonaiskuva

Herkules WS 1100:n (Kuva 8) perustukset on upotettu valssihionon lattiaan sitä varten valettuun betonialtaaseen, mikä luo sille stabiilin perustuksen. Hiomakoneen Monolith-peti makaa betonialtaassa eristyspalojen päällä, jotka vaimentavat hiomakoneen tärinää (Kuvio 14). Monolith-pedin pohjalla on teräslevy, jonka päälle on valettu Hydropol-betonia. Patentoidun Hydropol-betonin koostumus vaimentaa ja eristää hiomakoneen värinää. Hydropol-betonin päälle on valettu johteet valuraudasta. Johteisiin on asennettu eturungon kara- ja kärkipylkkä sekä takarungon hiontatuet ja hiomakelkka (Maschinenfabrik Herkules 2017c, 1–3).



Kuvio 14. Herkules WS 1100 hiomakoneen Monolith-pedin poikkileikkauskuva (Herkules customer training 2017d, 20)

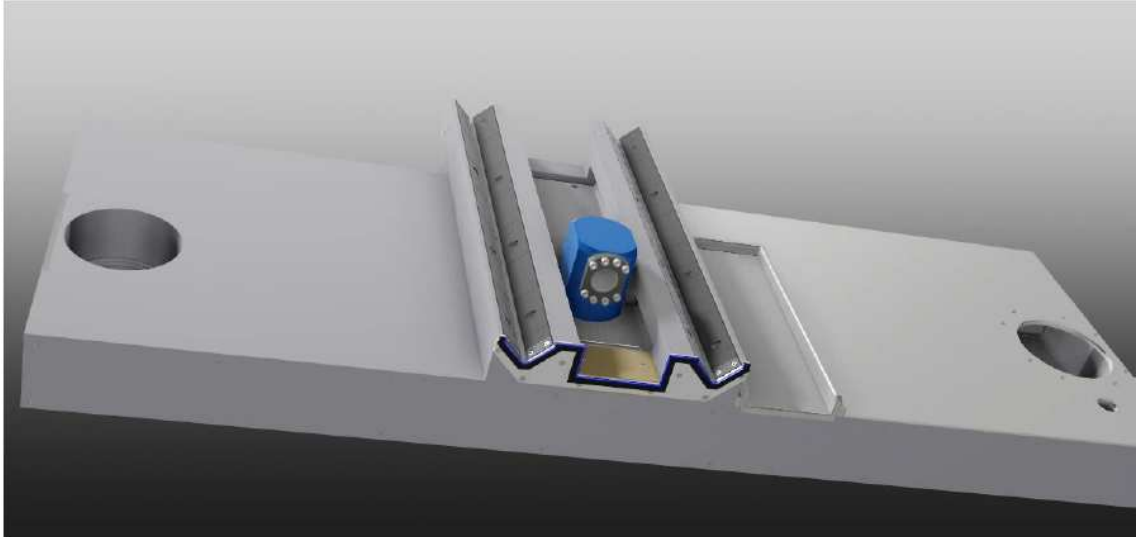
Takarungossa sijaitsevan hiomakelkan johteet ovat suojattu johdesuojilla, mikä estää epäpuhtauksien pääsyä johdeöljyn sekaan. Hiomakelkka koostu Z-akselilla liikkuvasta hiomakelkasta ja sen päällä toimivasta hiomakarasta, joka liikkuu X-akselilla. Hiomakara pyörittää siihen kiinnitettyä hiomalaikkaa. Hiomakaran

kulma vaihtelee valssin halutun profiilin mukaan. *C-akselin* kulma muuttuu kiilan avulla. Kulmaa muutamalla pystytään hiomaan valssia CVC-muotoon ja myös tekemään kevennyksiä. Hiomakelkan päällä on asennettu mittalaitteen runko, sen mittavarret sekä mittausinstrumentti. Mittalaitteen C-mittavarsi on asennettu mittalaitteen rungon yläosaan ja se ohjautuu valssin linjaamista varten automaattisesti hiomalaikan keskikohdan eteen mittausasemaan. A- ja B-mittavarret ovat kiinnitetty mittausinstrumenttiin, jonka sähkömoottori liikuttaa mittavarsia kettingin välityksellä. Valssin halkaisijan ja profiilin mittaus tapahtuu mittavarsien päässä olevia mittausantureita siirrettäessä samakeskisesti eli lineaarisesti valssia vasten (Herkules customer training 2017b, 2, 15–16).

Karapylkkä on asennettu eturungon johteisiin. Karapylkkä koostuu päämoottorista, vaihdelaatikosta ja karalautasesta. Pyörimisliike välittyy päämoottorilla hammashihnan ja hihnapyörien avulla vaihdelaatikoon ja siitä karalautaseen. Karalautanen liikkuu myös Z-akselin suuntaisesti 150 mm. Kärkipylkkä tukee valssia aksiaalisessa suunnassa hionnan aikana. Lisäksi kärkipylkässä sijaitsee laikan halkaisijan mittausyksikkö sekä laikan teroitusyksikkö. Kärkipylkän sivussa sijaitsee halkaisijamittalaitteen sekä C-mittavarren kalibrointiyksikkö. (Herkules customer training 2017c, 57; Lampela & Sorvoja 2017.)

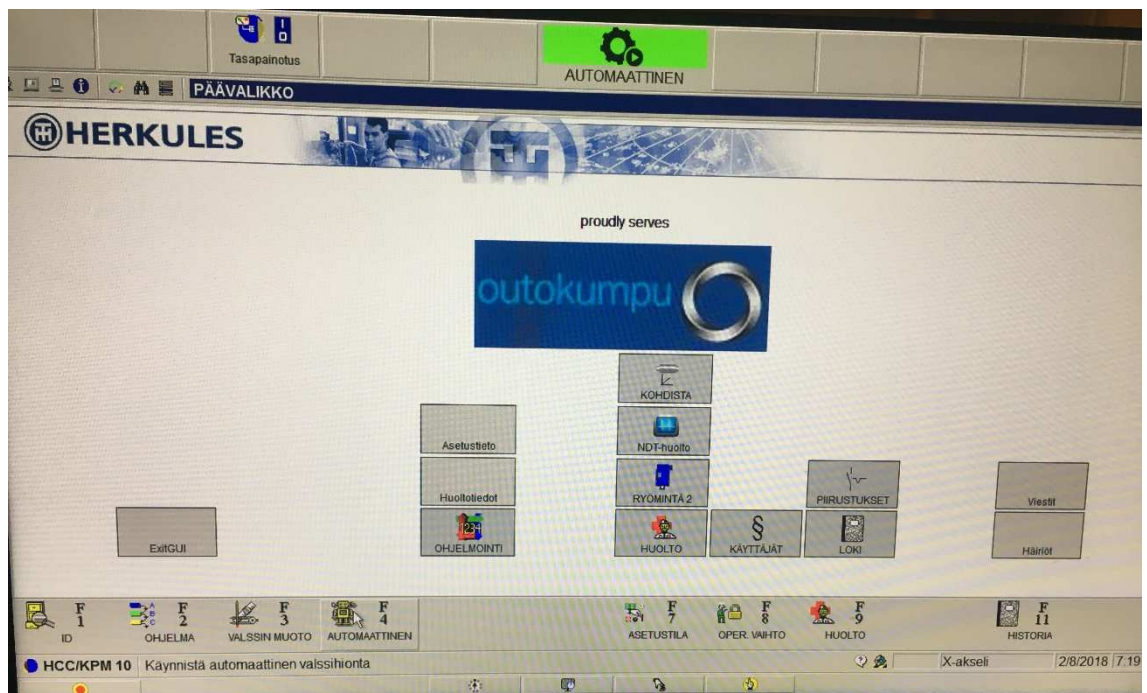
Hiontatukien alustat liikkuvat Z-akselin suuntaisesti hionta-asetuksia muutettaessa tällinteon aikana. Kaikki tukivalssien valssityypit voidaan hioa joko laakeripesien kanssa tai ilman pesiä. Herkules WS 1100 voi hioa tarvittaessa myös etuvalssaimen/EV-työvalssit laakeripesien kanssa. Jokaiselle valssityypille on määrätty omat koordinaatit, jotka määräävät hiontatukien asema. Kelkka ja johteet eivät ole kosketuksissa toisiinsa, koska johdevoiteluöljyä pumpataan koneistettujen pintojen väliin, joka muodostaa öljykalvon. Kalvon paksuus on noin 0.2 µm. Öljyn tehtävänä on suojata johteet kulumiselta. Hiomakelkan johteet Z- ja X-akselilla toimivat kaikki samalla periaatteella (Kuva 9). (Maschinenfabrik Herkules 2017e, 1–3; Lampela & Sorvoja 2018.)





Kuva 9. Hiomakelkan johteet X-akselilla (Herkules customer training 2017c, 11)

Herkules WS 1100 hiomakoneen käyttöliittymä on HCC KPM 10 Control (Kuva 10). Käyttöliittymällä pystytään ohjaamaan hiomakoneen eri toimintoja ja asetuksia. Hiomakonetta voidaan operoida hiomakelkasta tai valssihiomon valvomosta. Hiomakoneen hiomakelkasta ja valssihiomon valvomosta löytyvät samat ohjauspaneelit. Ohjauspaneelit ovat yhteydessä toisiinsa. Hiomakoneella pystyy hiomaan valssia automaattisesti alusta loppuun, mutta operaattori voi puuttua hiontaprosessiin tarvittaessa. Operaattori suorittaa tällintekoa ja laikan vaihtoa. (Maschinenfabrik Herkules 2017a, 1–3; Lampela & Sorvoja 2017; 2018)

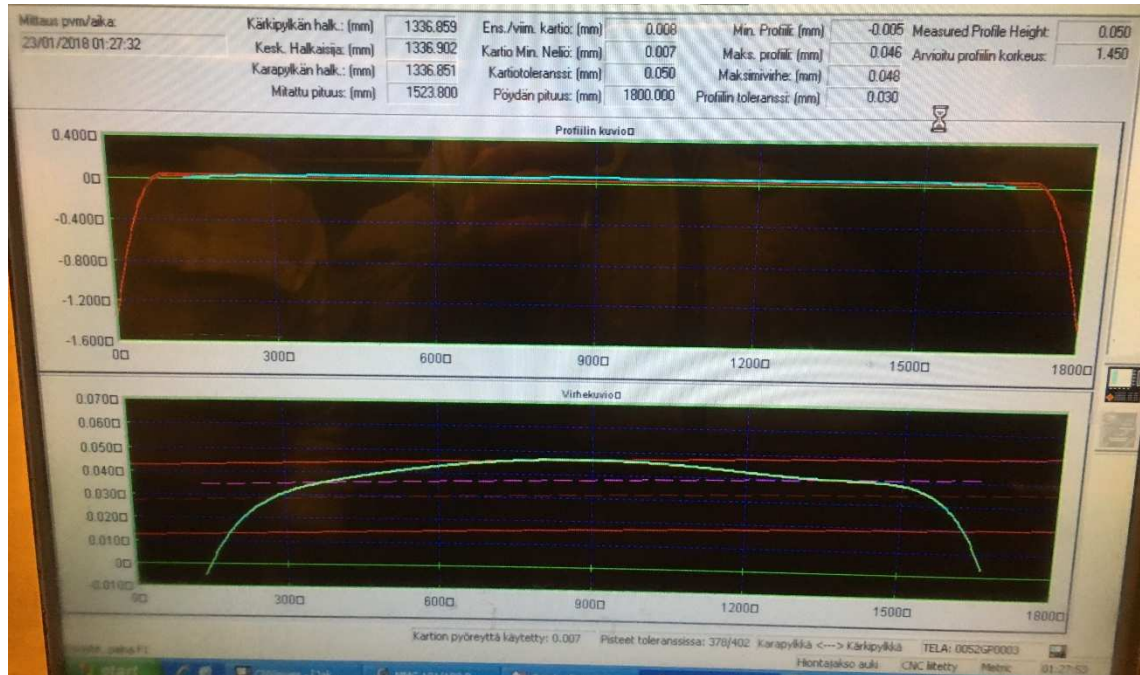


Kuva 10. Herkules HCC KPM 10 Control käyttöliittymä (Kuva: A. Delhas 2018)

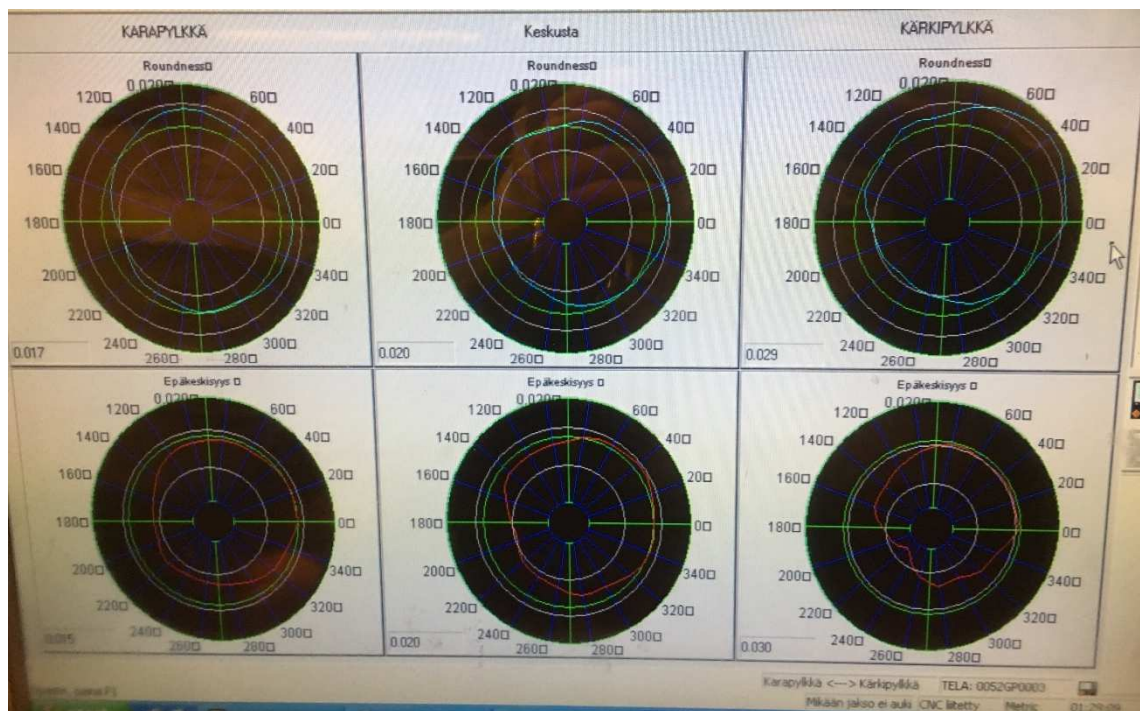
### 5.3 Valssien mittatarkkuuden selvitys Pomini 1 ja Herkules WS 1100

Pomini 1 mittakelkassa sijaitseva mittalaite liikkuu V-akselilla sivuttaissuunnassa. Mittakelkka on erillinen yksikkö, joka kulkee omilla johteilla koneen suuntaisesti. Mittalaitteen mittavarret liikkuvat toisiinsa nähden poispäin tai kohti (C-akseli), niin että valssi jää mittavarsien väliin. Mittavarsien välinen etäisyys valssin keskipisteestä on lineaarisesti yhtä kaukana toisistaan. Mittavarret kääntyvät 90° sivuttaissuunnassa, millä vältetään mittavarisien törmäminen hiomakoneeseen mittakelkan liikkeessä. A1-akselilla liikutetaan mittakelkkaa kohtisuorassa valssiin nähden. (Pomini 2009, 15–19; Lampela & Sorvoja 2018.)

Valssin profiilimittaus tapahtuu kahden anturin avulla viemällä mittavarret valssin pintaan kiinni (C-akseli). Niiden antureissa on pieni joustovara (E- ja Q-akseli), jonka avulla saadaan määritettyä valssin profiili, halkaisija ja pyöreys. Valssin molempien päiden halkaisijan erotus saa olla maksimissa 0,05 mm. Profiilin ja muodon toleranssi on  $\pm 0,03$  mm (Kuva 11). Pyöreiden toleranssi on  $\pm 0,02$  mm ja mittauskohtia on kolme, jotka ovat valssin molemmat päädyt ja valssin keskikohta (Kuva 12). Särömittalaite ja ultraäänimittari sijaitsevat mittakelkassa. Särömittalaitteessa on kahdeksan anturia, joista kukin anturi mittaleveydeltään on 2,5 mm eli yhteensä 20 mm. Särömittalaite mittaa säröjen lisäksi iskujälkiä ja magneettisuutta. Säröjen ja iskujälkien toleranssi on 0,5 mm (Kuva 13). Ultraäänianturit (4 MHz) sijaitsevat särömittalaitteen molemmin puolin. Mittaus tapahtuu valssia nähden kohtisuorassa, joka ilmaisee valssin sisällä olevat poikkeamat. (Pomini 2004, 60–63)

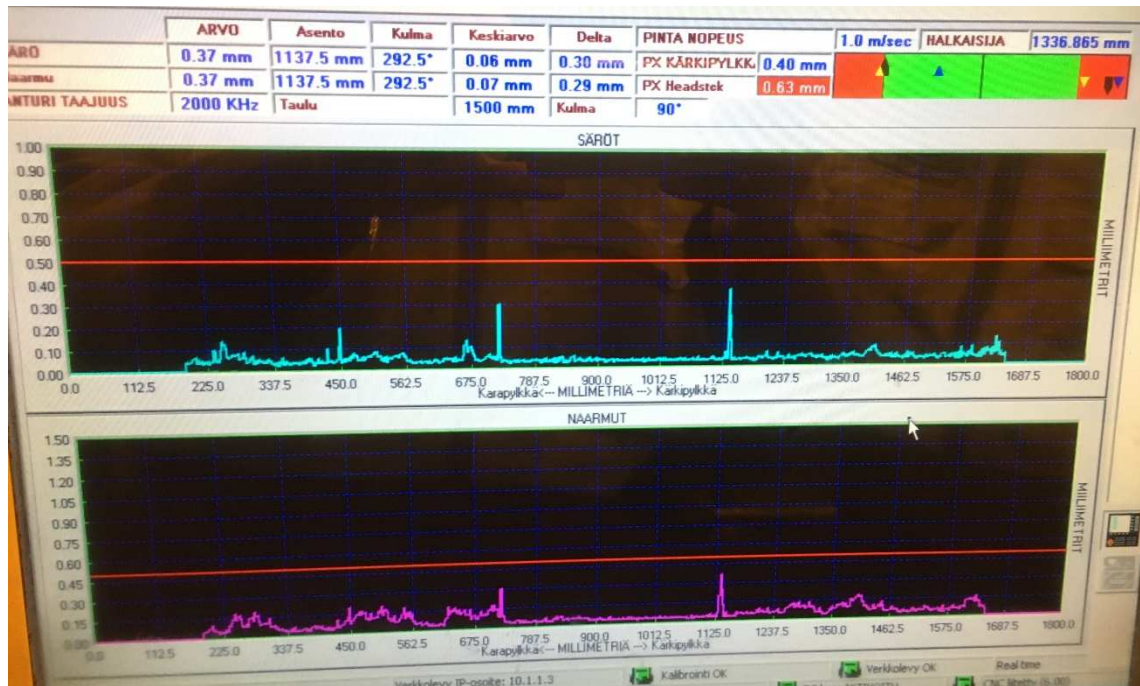


Kuva 11. Pomini 1 hiomakoneen profiilimittaus ja päiden erotus



Kuva 12. Pomini 1 hiomakoneen pyöreysgraafiikka valssin päädyistä ja keskeltä

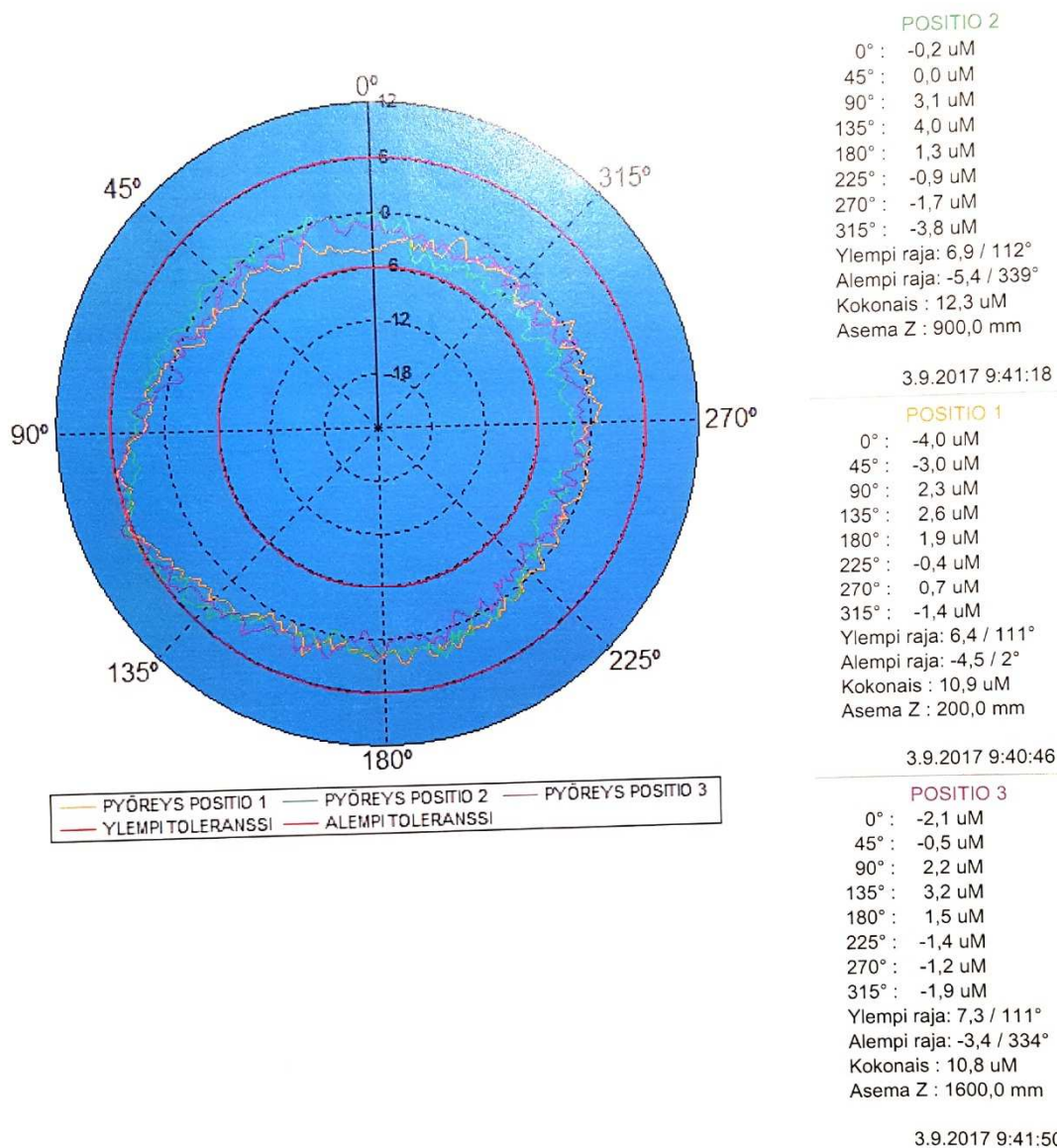




Kuva 13. Pomini 1 hiomakoneen särö- ja iskumittaukset

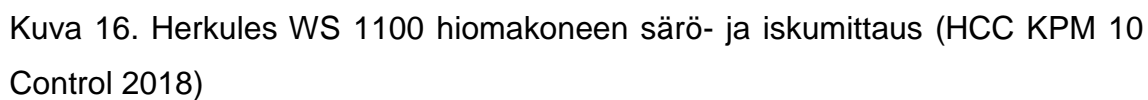
Herkules WS 1100 hiomakelkan mittalaitteen A- ja B-mittavarret on sijoitettu mittausinstrumenttiin (Maschinenfabrik Herkules 2017d, 27–28). Mittausantureita siirretään samakeskisesti eli lineaarisesti ja niiden etäisyys nollapisteestä pysyy aina samana. Sähkömoottori liikuttaa mittavarsia ketjun välityksellä. A- ja B-mittavarsien avulla mitataan valssin halkaisija, säröt, pyöreys, muoto, profiili ja magnetismi. Halkaisijamittauksessa valssin päiden erotus ei saa ylittää 0,010 mm: ä. Valssin muodon ja profiilin toleranssi on  $\pm 0,010$  mm (Kuva 14). (Herkules customer training 2017b, 1–3, 8–12, Maschinenfabrik Herkules 2017a, 2–3.) Pyöreiden toleranssi on  $\pm 0,010$  mm ja mittauskohtia on kolme, jotka sijaitsevat valssin päädyissä sekä keskellä. Kuvaajien toleranssi ilmoitetaan mikrometreinä (Kuva 15,  $\mu\text{m}$ /Herkuleksen pyöreysgraafiikassa merkitään  $\mu\text{M}$ ) (Herkules customer training 2017b, 8–12). A-mittavarressa sijaitsee särömittalaite. Särömittalaitteen mittausleveys on 40 mm, kahdella iskulla mittalaite kattaa lähes 100% valssin pinnasta. Halkeaman eli särön toleranssi on 0,7 mm ja iskujäljen toleranssi on 0,9 mm (Kuva 16) (Herkules customer training 2017b, 4–10). C-mittavarsi on asennettu hiomakelkan yläosaan ja se käännetään valssin linjaamista varten automaattisesti hiomalaikan keskikohdan eteen mittausasemaan. Valssin aksiaalisen linjauksen toleranssi on  $\pm 1$  mm. C-mittavarressa sijaitsee myös kaksi ultraäänianturia. Ultraäänianturi 1 (5 MHz)

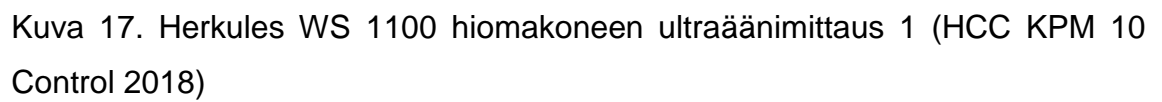




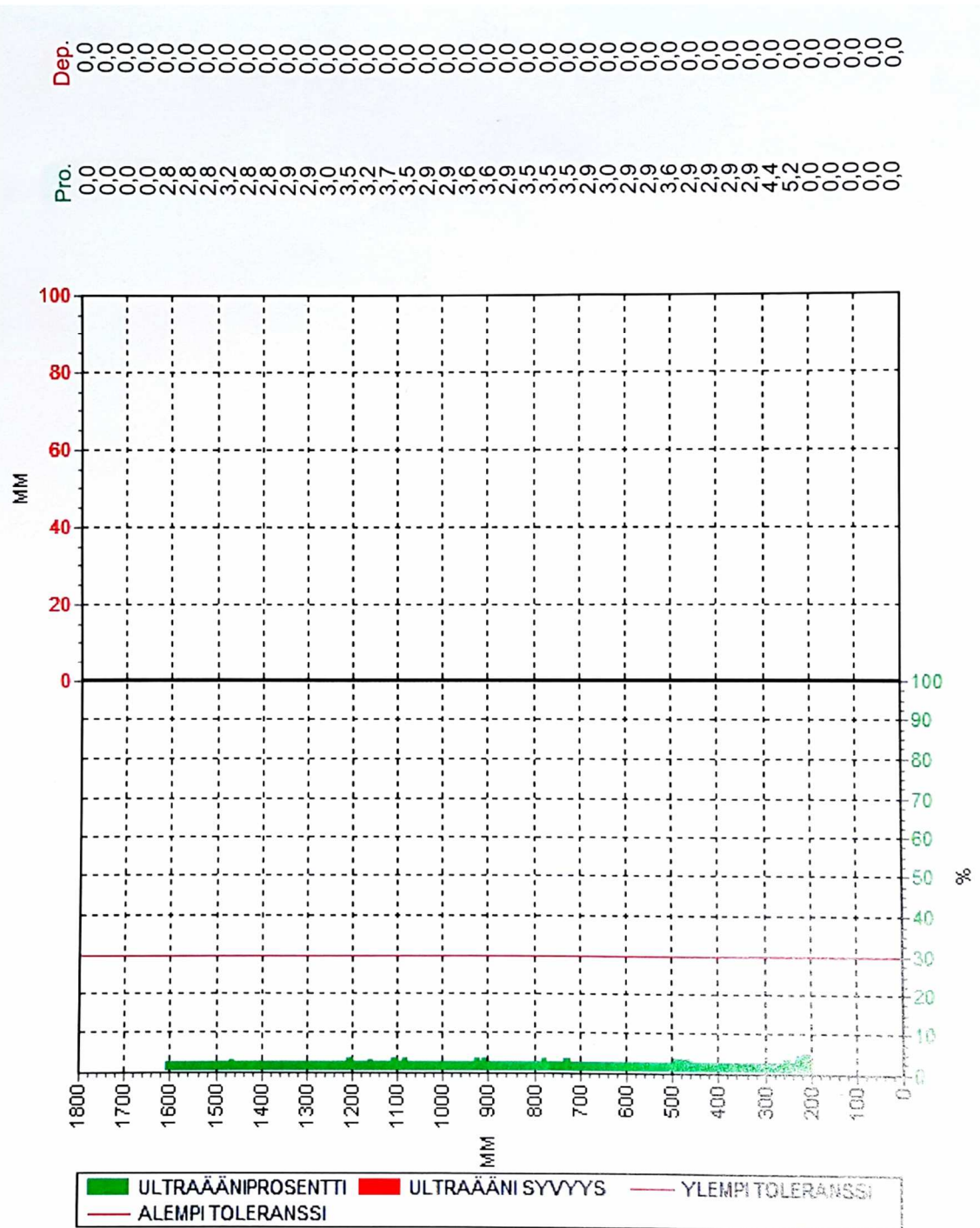
Kuva 15. Herkules WS 1100 hiomakoneen pyöreiden grafiikka, valssin päädyt ja keskikohta (HCC KPM 10 Control 2018)











Kuva 18. Herkules WS 1100 hiomakoneen ultraäänimittaus 2 (HCC KPM 10 Control)

## 6 VALSSIEN TEORIA

Valssit on luokiteltu materiaalinsa mukaisesti valuteräsvalsseihin, korkeakromivalsseihin, pikateräs valsseihin ja uusiin valssimateriaaleihin sekä taottuihin rauta- ja teräsvalsseihin. Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamalla käytetään tukivalssien materiaalina valuteräsvalsseja ja taottuja teräsvalsseja, joiden kromipitoisuus on 3–5%. Näihin kahteen valssimateriaaliin keskitytään tässä työn osiossa, koska työn keskiössä on tukivalssien hionnan standardisointi.

### 6.1 Valssien materiaalit

Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valsseissa käytetään materiaalina teräksen eri seoksia ja valmistusmenetelmiä. Valssien materiaali ja niiden koostumus riippuvat valssin sijainnista valssausprosessissa (etuvalssain/EV, Steckel/NV tai Tandem/FX) kuten taulukossa 7 näkyy. Työvalssit ovat aina kovempia kuin tukivalssit, jotta tukivalssin tai välivalssin pintavirhe ei siirtyisi työvalssiin. Työvalssien materiaalina on käytössä pikateräs HSS ja ICDP, välivalssien materiaalina käytetään taottua terästä ja tukivalssien materiaalina on käytössä valuteräs sekä taottu teräs 3–5% Cr.

Taulukko 7. Valssaimien materiaalit. (VASE 2018)

VALSSAIN	MATERIAALIT
<b>Etuvälssain</b>	
Työvalssi	Pikateräs HSS
Tukivalssi	Valuteräs, taottu teräs 3% Cr
<b>Steckel-välssain</b>	
Työvalssi	Pikateräs HSS
Välivalssi	Taottu teräs
Tukivalssi	Taottu teräs 5% Cr tai 3% Cr, valuteräs
<b>Tandemvälssain</b>	
Työvalssi	ICDP Enh
Tukivalssi	Taottu teräs 3 % Cr, valuteräs

Valssin tärkeimmät seosaineet ovat kromi, hiili ja erilaiset karbidit. Kromi parantaa valssin abrasiivisen eli kuluttavan pinnan kestoa sekä sen kuormitusta. Hiili kasvattaa teräsvalssin kovuutta. Karbidi pidentää valssin kestoa (Taulukko 8).

Taulukko 8. Kemiaallinen koostumus eri valssimateriaaleissa. (Mäkelä 2016, 23)

<b>KEMIAALINEN KOOSTUMUS</b>								
<b>Valssimateriaali</b>	<b>%C</b>	<b>%Mn</b>	<b>%Si</b>	<b>%Cr</b>	<b>%Ni</b>	<b>%Mo</b>	<b>%V</b>	<b>%M</b>
HiCR	2.5– 3.0	0.3– 1.0	0.5– 1.5	14– 18	0– 1.0	0–1.0	–	–
HSS	1.5– 2.2	0.5– 1.5	0.5– 1.6	4.0– 7.0	1.0– 4.0	1.0– 4.0	3.0– 7.0	0– 9.0
Taottu tukivalssi	0.4– 0.7	0.3– 0.6	0.2– 0.4	2.2– 5.0	–	0.3– 0.6	0.1– 0.3	–
Valettu tukivalssi	0.4– 0.7	0.6– 1.8	0.5	3.0– 5.0	0.1– 0.3	0.6– 0.8	0– 0.1	–

## 6.2 Valuteräsvalssit ja taotut teräsvalssit

Valuteräsvalsseja käytetään kuumavalssaamalla etuvalssaimen (EV), Steckel- (NV) sekä Tandem-valssaimen (FX) tukivalsseissa. Valuteräs on rauta-hiili seos, joka sisältää alle 2,1 % hiiltä. Valuteräksen haluttuja ominaisuuksia saavutetaan seosaineiden ja lämpökäsittelyiden avulla. Kuumalujuutta ja kulumiskestävyyttä saadaan seostuksella. Valuteräket voi luokitella kolmeen ryhmään hiilipitoisuuden mukaan kolmeen ryhmään, jotka ovat niukka-, keski- ja runsashiiliset. Kuumavalssaamalla on käytössä keski- ja runsashiilisiä valuteräsvalsseja, joiden hiilipitoisuus vaihtelee 0,4–0,7%. (Silvennoinen, Metalliteollisuuden keskusliitto 2001 & Teknologiainfo Teknova Oy 2001 156–157) Niillä hiilipitoisuuksilla saavutetaan hyvää lujuutta, sitkeyttä ja kulumiskestävyyttä. Valettu teräsvalssi ja taottu teräsvalssi ovat metallurgisilta ominaisuuksiltaan lähes samanlaisia. Sulaa terästä valutetaan valumuottiin,

minkä jälkeen sulan jäähtyttyä muodostuu muotin mukainen valssi. Valssi jäähtyttyä seuraa lämpökäsittely. (Honkavaara 2014, 17, 31)

Taottuja teräsvalsseja käytetään kuumavalssaamalla ainoastaan tukivalsseissa. Tukivalsseja on etu-, Steckel ja Tandem valssaimessa. Steckelin tukivalsseissa kromipitoisuus on 3–5% Cr ja muissa (etu- ja Tandem-valssaimessa) kromipitoisuus on 3% Cr.

Taottu teräsvalssi on yleensä tehty sylinterin muotoisesta valuharkosta, joka on lämmitettävä tiettyyn lämpötilaan ennen taontaa. Harkkojen halkaisija pienenee taonnan aikana kolme tai neljä kertaa pienemmäksi alkuperäisestä halkaisijasta. Halkaisijan kutistamisella saavutetaan teräksen haluttu raekoko, rakenteen homogeenisyyttä ja poistetaan laatuvirheitä. Kun haluttu muoto on saavutettu, se annetaan jäähtyä hitaasti, jonka jälkeen sitä lämpökäsitellään uudestaan (Roberts 1983, 533). Taottujen teräsvalssien valmistusmenetelmästä on hyötynä se, että sen myötä saavutetaan valssin suurempi myötälujuus, murtovetolujuus, venymä ja kovuus verrattuna valuteräsvalsseihin.

### 6.3 Tukivalssien käyttötarkoitukset

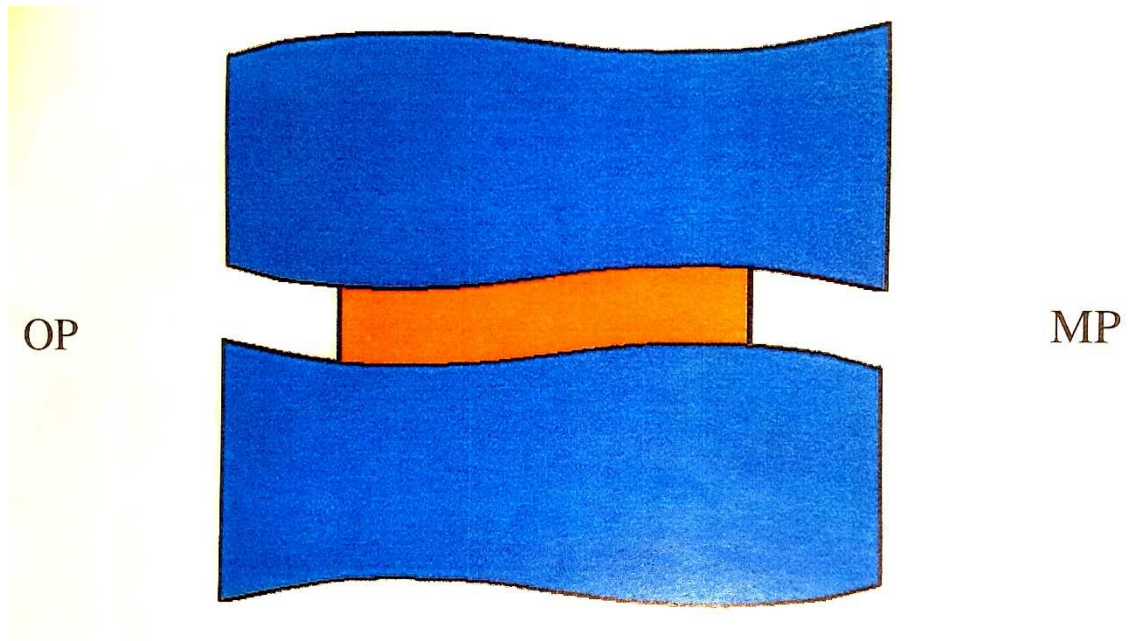
Tukivalssien käyttötarkoitus on tukea väli- ja työvalssit valssauksen aikana. Jokaiselle tukivalssityypille on määrätty omat vaihtovälit, koska tukivalsseihin kohdistuu kovia rasituksia. Etuvalssaimen (EV) tukivalssin suositeltu vaihtoraja on 40 000 tonnia. Steckelin (NV) ja tandem (FX) tukivalssien suositeltu vaihtoraja on 1200 km (Taulukko 9). Valssinvaihdolla pidetään nauhan laatua halutulle tasolla. Työvalssit ovat aina kovempia kuin tukivalssit, jotta tukivalssin tai välivalssin pintavirhe ei siirtyisi työvalssiin. (Hallikainen 2011, 28; Outokumpu 2017, 10.)

Taulukko 9. Kuumavalssaamon tukivalssien kilometrit ja vaihtorajat. (Outokumpu 2017, 10)

VALSSAIN	VALSSITYYPPI	TAVOITE	MAX
ETUVALSSAIN	TUKIVALSSIT	40000 t	60000 t
STECKELVALSSAIN	TUKIVALSSIT	1200 km	1600 km
TANDEMVALSSAIN	TUKIVALSSIT	1200 km	1600 km
<b>TAVOITE</b> tarkoittaa sitä, että tähän arvoon pyritään			
<b>MAX</b> tarkoittaa sitä, että kyseistä arvoa ei saa ylittää.			

#### 6.4 Valssien muoto

Kuumavalssaamolla on käytössä kaksi eri valssimuotoa, jotka ovat CVC-muoto ja sylinterimäinen muoto. Tandem-valssaimen työvalssit on hiottu aaltomaiseen CVC-muotoon (continous variable crown), mitä kutsutaan kansan kielellä myös Coca-Cola -pullon muodoksi (Kuvio 15). CVC-muodolla saavutetaan parempaa nauhan profiilia sekä tasomaisuutta. Kaikki muut valssityypit hiotaan sylinterimaiseen muotoon. Sylinterimäinen muoto on keskeltä tasainen, mutta valssien reunoilla on kevennykset (bombeeraus). Steckelin työ- ja välivalssien kevennyksien leveys on reunoilta 45 mm ja 115 mm. Tukivalssien kevennyksien leveydet vaihtelee eri valssityypin mukaan. EV-tukivalssin kevennyksen leveys on 200 mm, NV-tukivalssin kevennyksen leveys on 100 mm ja FX-tukivalssin kevennyksen leveys on 200 mm. (Kääriä 2010, 29-34, Maschinenfabrik Herkules 2017a, 2)



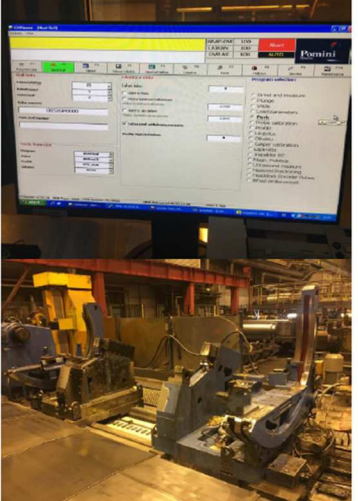
Kuvio 15. Tandem-valssaimen CVC-muotoiset työvalssit (sininen) sekä aihio (oranssi) (Kääriä 2010, 32)

## 7 TUKIVALSSIEN HIONNAN STANDARDISOINTI

Tällinteko-ohjeet on laadittu Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamalla 8.1.2018 – 14.2.2018 välisenä aikana. Ohjeet käsittävät tukivalssien tällintekoa. Tällinteko tarkoittaa hiomakoneen asetuksien muuttamista eri valssityyppien mittoihin sopiviksi. Siinä liikutetaan tarvittaessa kärkipylkkää ja jalustojen asemaa. Tällinteko-ohjeita tehtiin yhteensä kaksitoista kappaletta. Opinnäytetyöhön valittiin kaksi tällinteko-ohjetta, yksi kumpaakin hiomakonetta kohden, Pomini 1 hiomakoneelle ja Herkules WS 1100 hiomakoneelle.


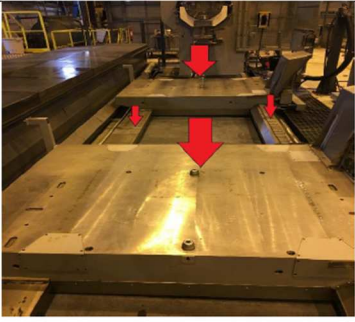
Tällinteko aloitetaan jokaisella kerralla koneen ollessa kotiasemassa eli arkikielellä parkissa. Jalustat ovat tyhjä eli jalustojen päällä ei ole hiontatukia. Jokaisesta työvaiheesta otetaan kuvia ja tehdään samalla muistiinpanoja. Kun tällinteko on valmis, siirrytään valssihionnon valvomoon ja käydään operaattorin kanssa läpi tällintekoprosessi. Samalla työstetään kirjalliset ohjeet laadittuun taulukkoon (Kuva 19–20).

POMINI 1 (HK3) NV-TUKI ILMAN PESIÄ

Työn suoritus	Havainnekuva	Turvallisuus- ja ympäristönäkökohdat
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hiomakone on oltava tyhjä ennen tällintekon aloittamista.</li> <li>Hiomakone ajetaan parkiin.</li> <li>Kaikki akselit ajetaan referenssipisteeseen "next roll" välilehdeltä kohdasta "park".</li> <li>Hiomakone laitetaan käsiajolle painamalla nappia "JOG" ohjauspaneelista. Tällä tavalla varmistetaan, että hiomakone ei käynnisty vahingossa.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Asetusten muuttaminen aloitetaan varmistamalla, että koneelle on turvallista mennä.</li> <li>Henkilökohtainen suojavarustus on oltava säännösten mukainen.</li> </ul>

Kuva 19. Tällinteko-ohjeen pohja Pomini 1 hiomakoneelle

HERKULES WS 1100 (HK5) EV-YLÄTUKI LAAKERIPESIEN KANSSA

Työn suoritus	Havainnekuva	Turvallisuus- ja ympäristönäkökohdat
<ul style="list-style-type: none"> <li>Käännetään ohjausnäytöstä kone avaimesta käsiäjolle, jolloin valoverhot eivät ole aktivoituneet.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Asetusten muuttaminen aloitetaan varmistamalla, että koneelle on turvallista mennä.</li> <li>Henkilökohtainen suojavarustus oltava säännösten mukainen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Jalustojen, hiontatukien sekä eturungon johteiden kosketuspinnat on puhdistettava huolellisesti ennen varsinaisten asetusten muuttamista.</li> <li>Puhdistettavat alueet ovat merkattu punaisilla nuolilla kuvassa.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Liukastumisvaara</li> <li>Puhdistukseen käytetään ainoastaan puhdistustarkoitukseen käytettäviä kemikaaleja, joiden turvamääräyksiä noudatetaan.</li> </ul>

Kuva 20. Tällinteko-ohjeen pohja Herkules WS 1100 hiomakoneelle

Tällinteko-ohjeiden teon avainasemassa on operaattorien kokemus. Ohjeet laadittiin yhdessä operaattorien kanssa, jotta ohjeet ovat mahdollisimman selkeät ja käyttäjäystävälliset. Työn aikana haastateltiin suullisesti kaikkia Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valssihionon operaattoreita eri työvuoroissa. Jokaisella operaattorilla on pitkäaikaisen kokemuksen kautta tärkeää tietotaitoa tehokkaasta tällinteosta. Tässä opinnäytetyössä koottiin ja yhdistettiin operaattoreiden tietotaito tukivalssien hionnan standardiksi. Ohjeiden avulla taataan tietotaidon säilyminen Outokummun valssihionon tällinteossa. Ohjeita tehdessä käytiin läpi työturvallisuusnäkökohdat. Ohjeet tehtiin aina tuotannon salliessa, sekä huoltoseisakkien yhteydessä.

### 7.1 Pomini 1 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden suoritus

Pomini 1 -hiomakoneella tehtiin yhteensä kolme tällinteko-ohjetta (Taulukko 10), jotka on tarkoitettu tukivalssille. Pomini 1 -hiomakoneella pystyy hiomaan Steckel-valssaimen NV-tukivalssia ilman laakeripesiä ja Tandem-valssaimen FX-ylä- ja alatukivalssia laakeripesien kanssa. Liitteenä opinnäytetyössä Steckel-valssaimen ylätukivalssin hiontaohjeet laakeripesien kanssa.



Taulukko 10. Pomini 1 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden luettelo

POMINI 1 (HK3) TÄLLINTEKO-OHJEET	
LAAKERIPESIEIEN KANSSA	FX-YLÄTUKIVALSSI
	FX-ALATUKIVALSSI
ILMAN LAAKERIPESIÄ	NV-TUKIVALSSI

Tandem-valssaimen FX-alatukivalssin tällinteko-ohjeet ovat melkein samanlaiset kuin FX-ylätukivalssin ohjeet. Ylätukivalssin tällinteossa lisätään ainoastaan alatukivalssin hiontatukien päälle ylätukivalssien hiontatuet. Steckel-valssaimen NV-tukivalssin tällinteko-ohjeessa tällinteko alkaa työvalssien tällinteon purkamisella, koska Pomini 1 hiomakoneella hiotaan pääsääntöisesti työvalsseja.

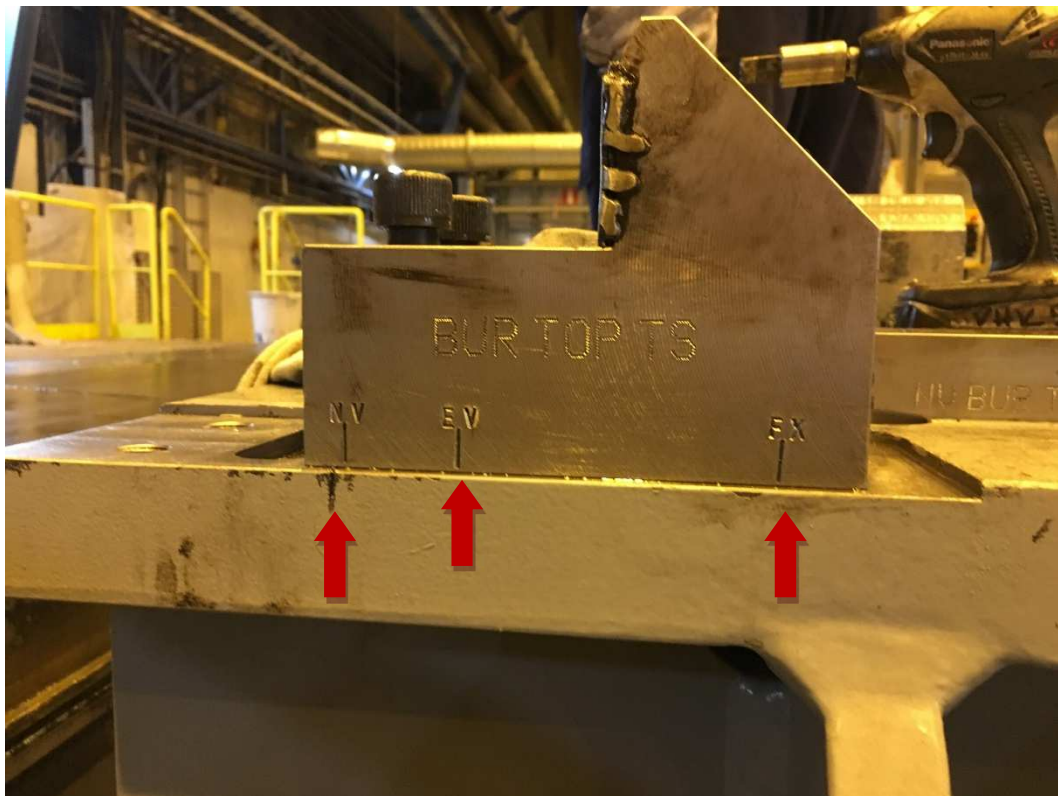
## 7.2 Herkules WS 1100 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden suoritus

Herkules WS 1100 hiomakoneella tehtiin yhteensä yhdeksän tällinteko-ohjetta (Taulukko 11), jotka ovat tarkoitettu tukivalssille. Herkules WS 1100 hiomakoneella pystyy hiomaan kaikki kuumavalssaamon tukivalssit laakeripesien kanssa tai ilman.

Taulukko 11. Herkules WS 1100 hiomakoneen tällinteko-ohjeiden luettelo

HERKULES WS 1100 (HK5) TÄLLINTEKO-OHJEET	
LAAKERIPESIEIEN KANSSA	EV-YLÄTUKIVALSSI
	EV-ALATUKIVALSSI
	NV-YLATUKIVALSSI
	NV-ALATUKIVALSSI
	FX-YLÄTUKIVALSSI
	FX-ALATUKIVALSSI
ILMAN LAAKERIPESIÄ	EV-TUKIVALSSI
	NV-TUKIVALSSI
	FX-TUKIVALSSI

Laakeripesien kanssa hiottavien tukivalssien tällinteko-ohjeita on yhteensä kuusi kappaletta. Kaikissa ylätukivalssien tällinteossa käytetään samoja hiontatukia, mutta ohjainvasteiden paikat muutetaan tukivalssin tyypin mukaan. Kuvassa 21 on merkitty jokainen valssityyppi omalla lyhenteellä. Ohjainvasteen ja hiontatuen merkinnät tulee olla kohdakkain. Jokaisella ylätukivalssille on oma aluspalikka. Ohjeissa ilmenee, että ylätukivalssien tällinteko-ohjeet ovat lähes identtiset. Ainoat erot asetuksissa ovat jalustojen asemat, aluspalikat ja pyörittäjän "kynnet". Alatukivalssien tällinteko-ohjeiden laatiminen oli paljon vaativampaa, koska kaikissa alatukivalssityypeissä käytetään erilaisia hiontatukia. Ainoastaan ohjeiden neljä ensimmäistä vaihetta ovat samat.



Kuva 21. Ylätukivalssin ohjainvaste ja aluspalikka sekä valssityyppimekinnät

Ilman laakeripesiä hiottavien tukivalssien tällinteko-ohjeita on yhteensä kolme kappaletta. Kaikissa näissä kolmessa hionnassa käytetään samoja hiontatukia, mutta niiden hydrostaattiset palat vaihtuvat (Kuva 22). Kaikki hydrostaattiset palat ovat merkitty valssityypillä ja mille puolelle ne asetetaan. Tällinteko-ohjeiden rungot ovat näitä poikkeamia lukuun ottamatta muuten lähes identtisiä keskenään.



Kuva 22. Hydrostaattiset palat valsseille, jotka hiotaan ilman laakeripesiä. (Kuva. A. Delhas 2018)

### 7.3 Tällinteko-ohjeiden tuloksia

Hiomakoneen ja käyttöliittymän hionta-asetusten muuttaminen eli tällinteko eri tukivalssityyppien hiontaa varten vaatii monivaiheisen työtehtävän oppimista. Tärkeitä huomioitavia asioita tällinteossa ovat seuraavat: Hiontatuen alapuolinen pinta ja alempi jalusta on oltava puhtaita. Jos pinnalla on epäpuhtauksia, niin hiontatuki voi jäädä kiikkumaan. Sen seurauksena valssista tulee soikea. Aina tällinteon yhteydessä on tarkistettavaa liukupalojen kunto ja niiden asema.

Liukupalojen asemaa säädetään tällinteon lopussa. Sitten valssi nostetaan koneeseen, jonka jälkeen suoritetaan linjaus. Kulutuspalojen on oltava samalla linjalla toisiinsa nähden. Linjaus tapahtuu joko käsin mittaamalla tai se

suoritetaan linjausohjelmalla. Valssien linjaus tehdään, jotta kärjen ja karan akseli olisi valssin keskipisteen nähden samalla linjalla. Jokaisessa hiomatuessa on kaksi liukupalaa. Hiomakelkka kulkee Z-akselissa, joka suorittaa sivuttaisliikkeet valssiin nähden. Hiomalaikan kosketuspinta pysyy samassa linjassa valssia vasten. Jos valssi ei ole samassa linjassa kärjen ja karan kanssa, niin hiontalinja muuttuu suorasta viistoon.

Valssit, joita hiotaan laakeripesien kanssa, täytyy asettaa hiomakoneeseen huolellisesti. Pesät on asetettava siten, että ne eivät pääse liikkumaan hionnan aikana. Hiontatuet tukevat laakeripesiä. Jos laakeripesät eivät ole tuettu kunnolla niin ne pääsevät heilumaan ja pesien heiluminen aiheuttaa tärinäjälkiä ja soikeutta.

## 8 TULOSTEN ANALYSOINTI

### 8.1 Tukivalssien hionnan standardisoinnin hiomakonekohtainen vertailu

Pomini 1 hiomakoneen tällinteko prosessi on huomattavasti monimutkaisempi kuin Herkuleksella. Hiomakoneen osia ei ole merkitty ja siitä syystä niitä on vaikea nimetä. Hiomakoneen ikä vaikuttaa tällintekoprosessiin. Pomini 1 -hiomakoneen käyttöliittymään ei voi tehdä itse muutoksia hionnan parametreihin. Tästä syystä muutosten tekeminen vaatii aina konespesialistin palveluja ja on aikaa vievää. Vaativaa tällinteosta teki myös se, että Pomini 1 -hiomakoneen ohjeet on käännetty välttävästi eikä käyttöliittymään ollut tarkkaa ohjeistusta. Tästä syystä oli äärimmäisen tärkeää kirjata muistiin hiomakoneen operaattorien tietotaito. Lisäksi tällinteossa tarvittavien hiomakoneen osien istuvuus ilmeni usein haastavaksi, koska osien asentojen tarkkoja paikkamerkintöjä ei ole käytettävissä. Oikea istuvuus saavutetaan hiomon operaattoreiden kokemuksella. Pomini 1 käyttöliittymään CNWieveriin tarvittavien hiontatietojen syöttö on erittäin tarkkaa. Pienikin syöttövirhe voi estää tietojen siirtämisen CNWieveristä valssiseurantaan VASEeen, mikä voi johtaa hionnan epäonnistumiseen. Tällinteossa ilmeni hankalaksi hiottaessa tukivalssseja laakeripesien kanssa myös se, että tällinteon jälkeen, kun tukivalssi lasketaan hiontatukien päälle, ei ole varmuutta siitä, että valssin kara-kärki-linja on oikea. Valssin linja selviää A-akselin mittauksen jälkeen ja linja korjataan nostamalla valssi korjattuun asentoon. Tällinteossa Pomini 1 hiomakoneella tulee ottaa huomioon valkometallisten kulutuspalojen muutos, mikä vaatii valssin uuden linjauksen kulumisen vuoksi. Tärkeäksi hyvän ja tehokkaan tällin teon suorittamiseen nousi myös hyvä tällinteon työkalujen kunto ja työkalusarjojen täydellisyys.

Pomini 1 hiomakoneen tällinteko-ohjeet selkeyttivät tällinteon prosessia sen monimutkaisuuden vuoksi. Tällinteko-ohjeita laadittaessa ilmeni, että jokaisella hiomon operaattorilla oli oma näkemys tällinteon prosessista. Opinnäytetyön tällinteko-ohjeissa koottiin parhaat palat operaattorien kokemuksista yhdeksi kokonaisuudeksi. Ohjeet antavat hyvän pohjan tällin suorittamiselle ja ennen

kaikkea kokemuksen kautta kerätty tietotaito säilyy nyt ohjeiden muodossa myös tuleville sukupolville.

Herkules WS 1100 hiomakoneella tällinteko-ohjeiden laatiminen oli helppoa ja mielekästä hiomakoneen hyvän dokumentaation ja suunnittelun ansiosta. Kaikki mahdollinen tieto, mikä tarvittiin, oli helposti saattavissa ja hiomakoneen parametrien muuttaminen oli helppoa. Esimerkiksi Steckel-valssaimen EV-ylä- ja alatukivalssin jalustojen asema ei ollut vielä määritetty, mutta hiomakoneen piirustuksien ja helpon käyttöliittymän avulla pystyttiin määrittämään jalustojen oikea asema. Hiontatukien hyvä suunnittelu mahdollisti tällinteko-ohjeiden kulun standardisoinnin. Yhdellä hiontatuen tyypillä pystyy hiomaan monta eri valssityyppiä pienillä muutoksilla. Herkuleksen kaikki osat ovat merkitty selkeästi kylteillä tai ne on kaiverrettu osien pintaan. Merkinnät helpottavat tällintekoa huomattavasti osien suuresta määrästä johtuen. Hiontatukien istuvuus jalustojen päälle on erittäin hyvä ja niiden istuvuutta indikoivat merkinnät ovat tehty selvästi ja yksiselitteisesti. Hiomakoneen linjauksen säätö on hydrostaattisten palojen ansiosta tällinteen yhteydessä erittäin vähäistä tai olematonta.

## 8.2 Tukivalssien mittatarkkuuksien vertailu

Hiottujen tukivalssien mittatarkkuuksien vertailussa on selvitetty etu-, Steckel- ja Tandem-valssaimien tukivalssien pyöreiden ja profiilin poikkeamat hionnan jälkeen. Poikkeamaa on verrattu niille asetettujen toleranssien kanssa, mikä kertoo hionnan laadusta. Pyöreiden ja profiilin poikkeaman raja-arvot sekä niiden maksimin ja minimin ero eli poikkeama saatiin käyttämällä viiden valssin hiontatuloksia jokaista valssityyppiä kohden. Kaikki valssien hionnat suoritettiin Herkules WS 1100 hiomakoneella.

Etuvallssaimen tukivalssien pyöreiden ja profiilin poikkeaman arvot muodostettiin EV-tukivalssi 42, EV-tukivalssi 38, EV-tukivalssi 33, EV-tukivalssi 25 ja EV-tukivalssi 17 pyöreiden ja profiilin poikkeamien raja-arvojen eli maksimi- ja minimipoikkeaman eron keskiarvosta (Taulukko 12–13, Kuva 23–24). Steckel-valssaimen tukivalssien pyöreiden ja profiilin poikkeaman keskiarvo muodostettiin NV-tukivalssi 53, NV-tukivalssi 52, NV-tukivalssi 46, NV-tukivalssi

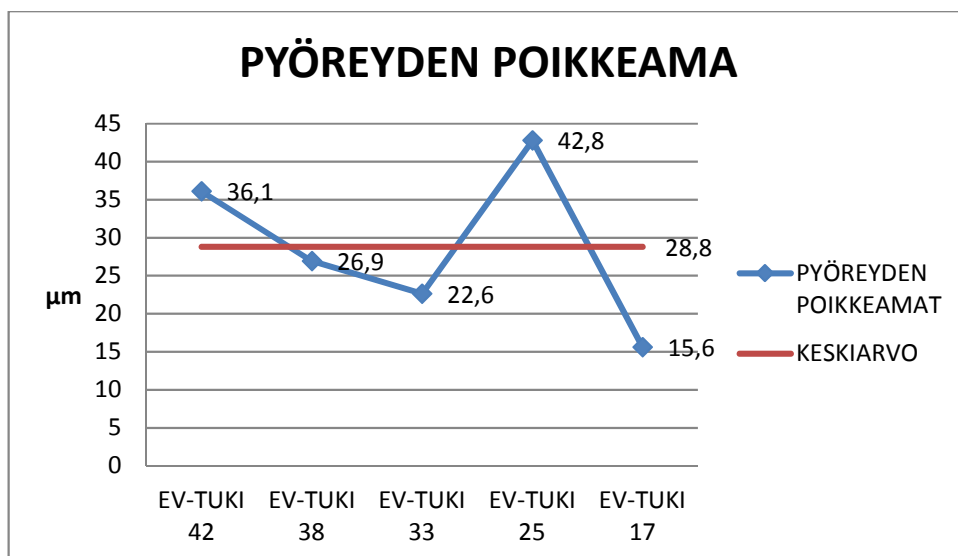
42 ja NV-tukivalssi 36 pyöreiden ja profiilin raja-arvojen eli minimin ja maksimin eron keskiarvosta (Taulukko 14–15, Kuva 25–26). Tandem-valssaimen tukivalssien pyöreiden ja profiilin poikkeaman keskiarvo muodostettiin FX-tukivalssi 63, FX-tukivalssi 61, FX-tukivalssi 57, FX-tukivalssi 55 ja FX-tukivalssi 28 pyöreiden raja-arvojen eli minimin ja maksimin eron keskiarvosta (Taulukko 16–17, Kuva 27–28).

Pyöreiden poikkeama viidelle tukivalssille ilmoitetaan taulukossa maksimipoikkeaman ja minimipoikkeaman itseisarvojen summana, mikä ilmoittaa raja-arvojen eron. Taulukossa arvot ilmoitetaan mikrometreinä ( $\mu\text{m}$ ). Kun profiilin toleranssi hiottaessa on  $\pm 10 \mu\text{m}$  on pyöreiden tavoitepoikkeama 0–20  $\mu\text{m}$ . Pyöreiden poikkeaman diagrammissa havainnollistetaan viiden hionnan poikkeamatuloksia ja määritetään pyöreiden poikkeaman keskiarvo. Profiilin poikkeama viidelle tukivalssille ilmoitetaan taulukossa maksimi- ja minimipoikkeaman itseisarvojen summana, mikä ilmoittaa profiilin poikkeaman raja-arvojen eron. Kun profiilin poikkeaman toleranssi on  $\pm 0,010 \text{ mm}$  on profiilin tavoitepoikkeama 0–0,02 mm.

Etuvälssaimen EV-tukivalssien pyöreiden mittatarkkuuksien vertailussa (Taulukko 12, Kuva 23) selvisi, että pyöreiden poikkeaman keskiarvo on 28,8  $\mu\text{m}$ . Se ylittää reilusti asetetun tavoitepoikkeama 0–20  $\mu\text{m}$ . Tämän kaltaista poikkeamaa ei esiinny muilla opinnäytetyön yhteydessä hiotuilla valssityypeillä. Koska vain etuvälssaimen valsseja hiottiin opinnäytetyön yhteydessä ilman pesiä, voisi poikkeama selittyä sillä, että valssi pääsee liikkumaan hionnan aikana karapylkän ja kärjen välissä aksiaalisessa suunnassa. Koska hionnat suoritettiin tarkasti laadittujen ohjeiden mukaisesti, ei tämä toleranssin ylitys johtunut tällinteosta.

Taulukko 12. Etuvalssaimen EV-tukivalssien pyöreiden poikkeaman raja-arvot sekä maksimi- ja minimipoikkeaman ero eli pyöreiden poikkeama. (VASE 2018)

PYÖREYDEN POIKKEAMAN RAJA-ARVOT			
VALSSI	MAX (μm)	MIN (μm)	MAX. ja MIN. ERO (μm)
EV-TUKI 42	19,7	-16,4	36,1
EV-TUKI 38	15	-11,9	26,9
EV-TUKI 33	11,9	-10,7	22,6
EV-TUKI 25	24,5	-18,3	42,8
EV-TUKI 17	7,9	-7,7	15,6



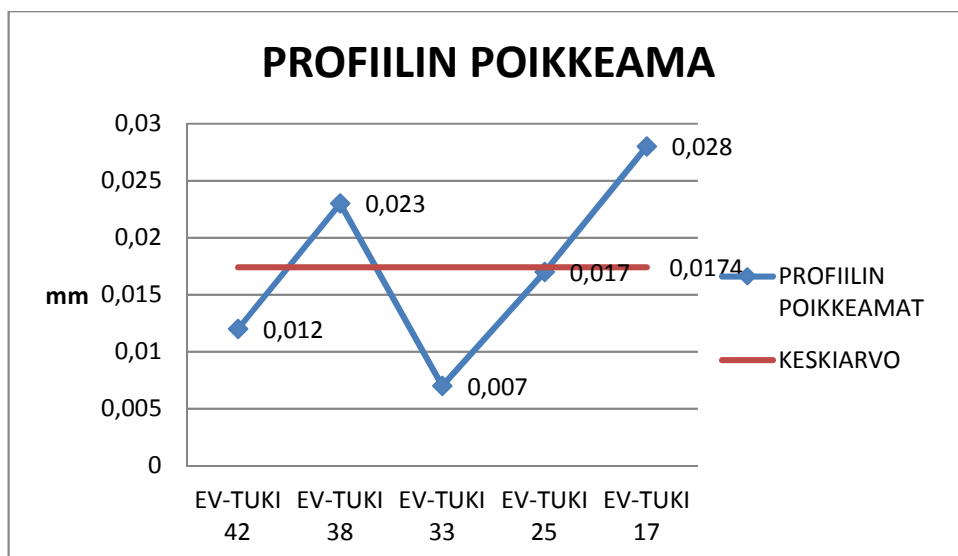
Kuva 23. Etuvalssaimen EV-tukivalssien pyöreiden poikkeamat sekä poikkeamien keskiarvo

Etuvallssaimen EV-tukivalssien profiilin mittatarkkuuksien vertailussa (Taulukko 13, Kuva 24) selvisi, että profiilin poikkeaman keskiarvo on 0,0174 mm. Se on alle asetetun tavoitepoikkeama 0–0,02 mm eli profiilin poikkeaman arvo on hyvä.



Taulukko 13. Etuvalssaimen EV-tukivalssien profiilin poikkeaman raja-arvot sekä maksimin ja minimin ero eli profiilin poikkeama (VASE 2018)

PROFIILIN POIKKEAMAN RAJA-ARVOT			
VALSSI	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX. ja MIN. ERO (mm)
EV-TUKI 42	0,006	-0,006	0,012
EV-TUKI 38	0,011	-0,012	0,023
EV-TUKI 33	0,003	-0,004	0,007
EV-TUKI 25	0,008	-0,009	0,017
EV-TUKI 17	0,014	-0,014	0,028

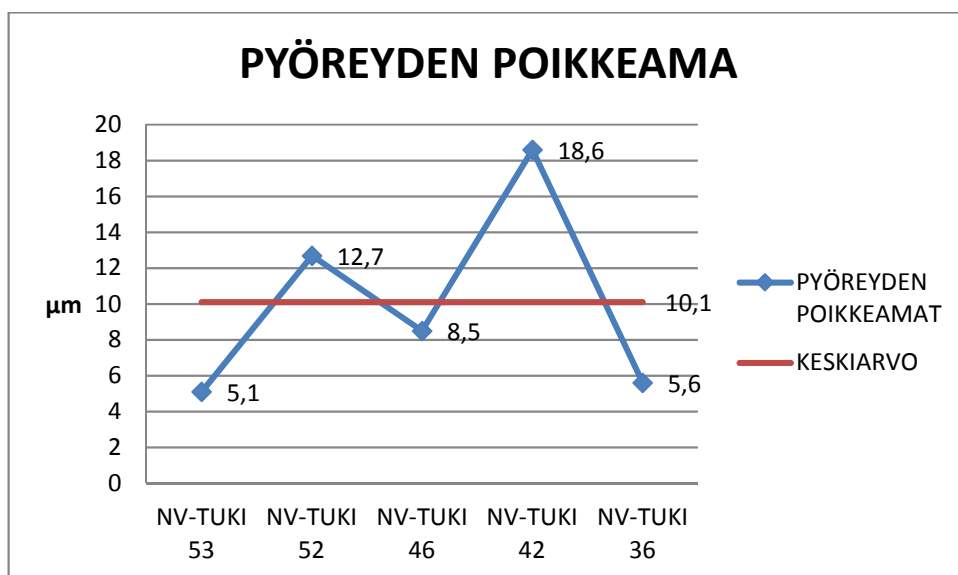


Kuva 24. Etuvalssaimen EV-tukivalssien profiilin poikkeamat sekä poikkeamien keskiarvo

Steckel-valssaimen NV-tukivalssien pyöreiden mittatarkkuuksien vertailussa (Taulukko 14, Kuva 25) selvisi, että pyöreiden poikkeaman keskiarvo on 10,1  $\mu\text{m}$ . Se on alle asetetun tavoitepoikkeama 0–20  $\mu\text{m}$  eli pyöreiden poikkeaman arvo on hyvä.

Taulukko 14. Steckel-valssaimen NV-tukivalssien pyöreiden poikkeaman raja-arvot sekä maksimin ja minimin ero eli pyöreiden poikkeama (VASE 2018)

PYÖREYDEN POIKKEAMAN RAJA-ARVOT			
VALSSI	MAX ( $\mu\text{m}$ )	MIN ( $\mu\text{m}$ )	MAX. ja MIN. ERO ( $\mu\text{m}$ )
NV-TUKI 53	2,6	-2,5	5,1
NV-TUKI 52	7,3	-5,4	12,7
NV-TUKI 46	4,2	-4,3	8,5
NV-TUKI 42	9,1	-9,5	18,6
NV-TUKI 36	2,9	-2,7	5,6

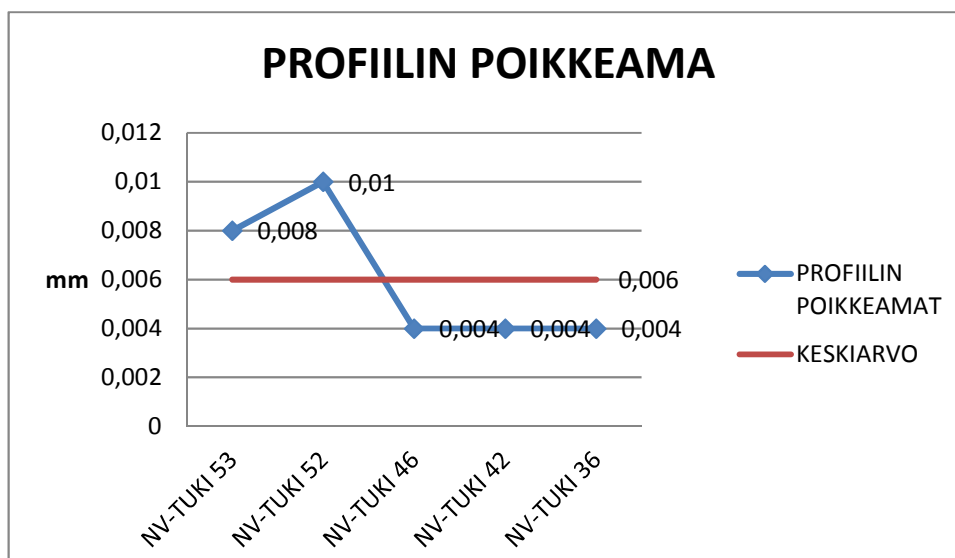


Kuva 25. Steckel-valssaimen NV-tukivalssien pyöreiden poikkeamat sekä poikkeamien keskiarvo

Steckel-valssaimen NV-tukivalssien profiilin mittatarkkuuksien vertailussa (Taulukko 15, Kuva 26) selvisi, että profiilin poikkeaman keskiarvo on 0,006 mm. Se on reilusti alle asetetun tavoitepoikkeama 0–0,02 mm eli profiilin poikkeaman arvo on erittäin hyvä.

Taulukko 15. Steckel-valssaimen NV-tukivalssien profiilin poikkeaman raja-arvot sekä maksimi- ja minimipoikkeaman ero eli profiilin poikkeama (VASE 2018)

PROFIILIN POIKKEAMAN RAJA-ARVOT			
VALSSI	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX. ja MIN. ERO (mm)
NV-TUKI 53	0,004	-0,004	0,008
NV-TUKI 52	0,005	-0,005	0,01
NV-TUKI 46	0,002	-0,002	0,004
NV-TUKI 42	0,002	-0,002	0,004
NV-TUKI 36	0,002	-0,002	0,004

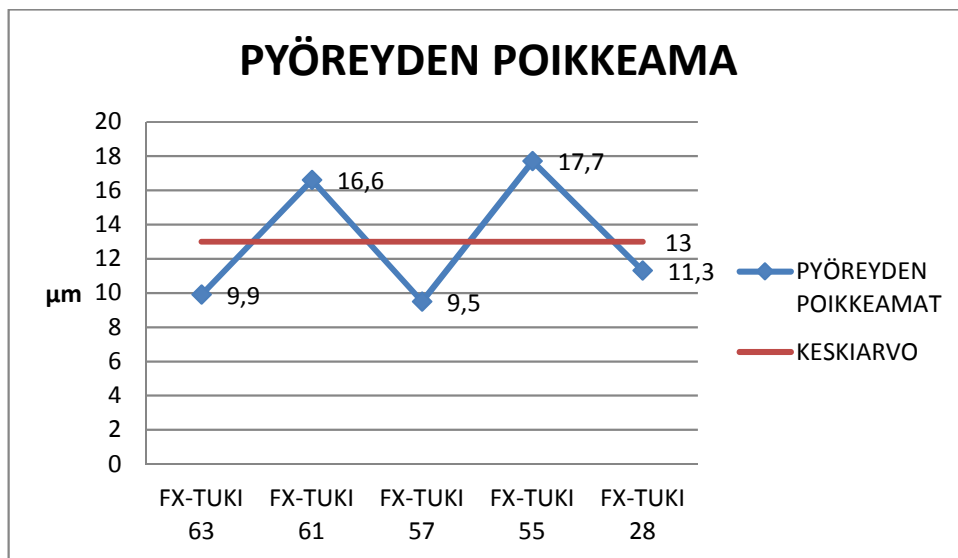


Kuva 26. Steckel-valssaimen NV-tukivalssien profiilin poikkeamat sekä poikkeamien keskiarvo

Tandem-valssaimen FX-tukivalssien pyöreiden mittatarkkuuksien vertailussa (Taulukko 16, Kuva 27) selvisi, että pyöreiden poikkeaman keskiarvo on 13  $\mu\text{m}$ . Se on alle asetetun tavoitepoikkeama 0–20  $\mu\text{m}$  eli pyöreiden poikkeaman arvo on hyvä.

Taulukko 16. Tandem-valssaimen FX-tukivalssien pyöreiden raja-arvot sekä maksimin ja minimin ero eli pyöreiden poikkeama (VASE 2018)

PYÖREYDEN POIKKEAMAN RAJA-ARVOT			
VALSSI	MAX ( $\mu\text{m}$ )	MIN ( $\mu\text{m}$ )	MAX. ja MIN. ERO ( $\mu\text{m}$ )
FX-TUKI 63	5,2	-4,7	9,9
FX-TUKI 61	8,3	-8,3	16,6
FX-TUKI 57	5	-4,5	9,5
FX-TUKI 55	8,4	-9,3	17,7
FX-TUKI 28	5,3	-6	11,3

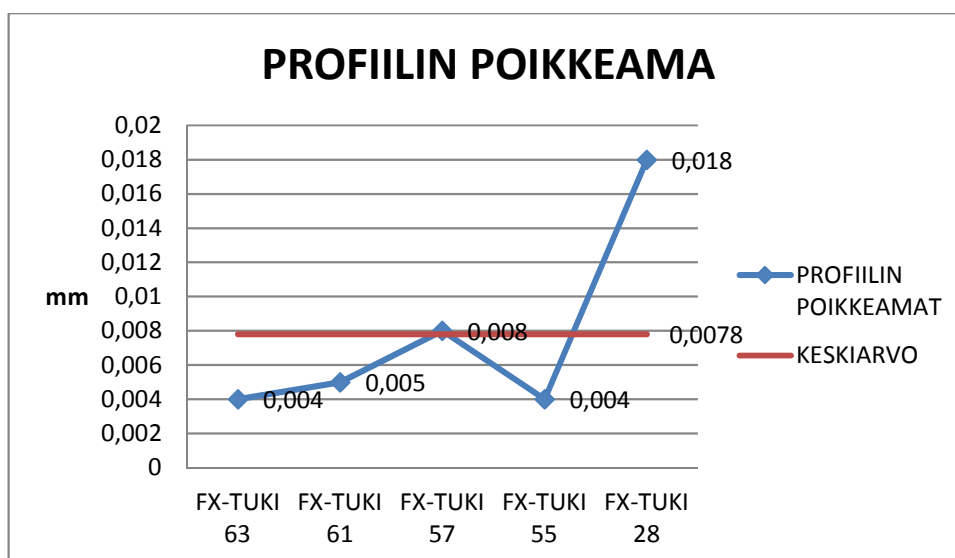


Kuva 27. Tandem-valssaimen FX-tukivalssien pyöreiden poikkeamat sekä poikkeamien keskiarvo

Tandem-valssaimen FX-tukivalssien profiilin mittatarkkuuksien vertailussa (Taulukko 17, Kuva 28) selvisi, että profiilin poikkeaman keskiarvo on 0,0078 mm. Se on alle asetetun tavoitepoikkeama 0–0,02 mm, mutta lähellä ylärajaa, profiilin poikkeaman arvo on kuitenkin hyvä.

Taulukko 17. Tandem-valssaimen FX-tukivalssien profiilin poikkeaman raja-arvot sekä maksimin ja minimin ero eli profiilin poikkeama (VASE 2018)

PROFIILIN POIKKEAMAN RAJA-ARVOT			
VALSSI	MAX (mm)	MIN (mm)	MAX. ja MIN. ERO (mm)
FX-TUKI 63	0,002	-0,002	0,004
FX-TUKI 61	0,002	-0,003	0,005
FX-TUKI 57	0,004	-0,004	0,008
FX-TUKI 55	0,002	-0,002	0,004
FX-TUKI 28	0,009	-0,009	0,018



Kuva 28. Tandem-valssaimen FX-tukivalssien profiilin poikkeamat sekä poikkeamien keskiarvo

Tässä yhteydessä mainittakoon, että valssien mittatarkkuus hiontaa suoritettiin myös Pomini 1 hiomakoneella Steckel- ja Tandem-valssaimien tukivalsseille. Kuitenkin Pomini 1 vuosihuollon 2017 yhteydessä tehdyssä päivityksessä kaikki hiontatiedot menetettiin. Sen vuoksi Pomini 1 hiomakoneen hionta-arvoja ei pystytty käyttämään tai analysoimaan vertailussa Herkules WS 1100 mittatarkkuusselvityksen kanssa.

## 9 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä valmistettiin Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamon valssihiomossa yhteensä kaksitoista tällinteko-ohjetta, jotka kattavat kaikki tukivalssityyppien hionnat Pomini 1 ja Herkules WS 1100 -hiomakoneilla. Pomini 1 hiomakoneelle oli vaikea muodostaa yhtenäistä runkoa ohjeille, joka hankaloitti monivaiheisten ohjeiden tiivistämistä. Pomini 1 on tuottanut hiomossa eniten ongelmia tällinteossa. Tällinteko-ohjeiden laatimisen tuloksena on nyt ensimmäistä kertaa ohjeet tällinteosta, jonka pohjalta pystyy suorittamaan tällintekoa alusta loppuun. Herkules WS 1100 -hiomakoneelle tehtiin yhdeksän ohjetta, jotka oli huomattavasti helpompi laatia kuin Pomini 1:lle, koska Herkuleksen hiontatuet on hyvin suunniteltu. Tämä vähensi monta välivaihetta automaattisesti pois tällinteossa. Herkules WS 1100 -hiomakone on kuumavalssaamon uusin hankinta vuodelta 2017, siksi opinnäytetyössä laatiivat tällinteko-ohjeet ovat merkitykselliset myös lisäämällä hiomon operaattorien käyttövarmuutta uudella koneella. Tällinteko-ohjeiden myötä on ennen kaikkea Pomini 1 hiomakoneen tällintekoprosessia saatu tehostettua ja tällinteon aikaa lyhennettyä.

Mittatarkkuuksien selvityksessä Herkules WS 1100 -hiomakoneelle selvisi, että pyöreiden ja profiilien poikkeamien perusteella Steckel- ja Tandem-valssaimen etuvalssien hionta tulokset olivat hyvät. Etuvalssaimen tukivalssien profiilin poikkeaman arvot olivat hyvät, mutta pyöreyydessä oli toleranssin ylittävää poikkeamaa, mahdollisesti johtuen valssin heilumisesta aksiaalisessa suunnassa (kara- ja kärkipylkän välissä). Uudet tällinteko-ohjeet eliminoivat tekijät, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti hiontatarkkuuteen. Pomini 1 -hiomakoneella tehtyjen hiontojen mittatarkkuuksien selvityksen tulokset menetettiin koneen vuosihuollon yhteydessä. Siitä syystä hiomakoneiden välistä mittatarkkuuksien vertailua ei pystytty suorittamaan.

Olen ollut kesätyöntekijänä Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssaamolla hiomossa vuosina 2013-2017. Olen toiminut siellä hiojana/laakeriasentajana sekä kesämestarina. Kokemusta minulla oli hiomakoneiden operoinnista ja työnvalvonnasta. Opinnäytetyön aiheen valinta perustui juuri omaan kokemukseeni. Olen ollut neljässä eri vuorossa valssihiomossa, joka on antanut

laajan perspektiivin eri vuorojen toimintamalleista, jotka olivat jokaisella vuorolla erilaiset. Tämä työkokemus auttoi merkittävästi opinnäytetyön tällinteko-ohjeiden teossa. Olen rakentanut ohjeita alusta alkaen ja olen saanut käyttää niin insinöörikoulutustani kuin työkokemustani ohjeiden laatimisen pohjana. Opinnäytetyöprosessin aikana olen kehittänyt taitojani huomasti niin tälliteon kuin kirjallisen työnkin osalta. Tärkeintä on ollut kuitenkin kuumavalssaamon valssihionon hiojien pitkäaikainen työkokemus, tieto ja korkea yhteistyö moraali, sillä se on mahdollistanut tässä työssä valmistuneiden ohjeiden teon. Opinnäytetyön tavoitteista saavutettiin kaikki tavoitteet ja työprosessi oli onnistunut.

## LÄHTEET

Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Koneistustekniikat. Helsinki: WSOY.

Hallikainen, A. 2011. Kuumavalssaamon valssihiomon laaduntuottokyky. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

HCC KPM 10 control 2018. Herkules WS 1100 käyttöliittymä. Tornio: Outokumpu Stainless Oy. Kuumavalssaamon valssihiomo.

Herkules 2017. Herkules WS 1100 x 8000 Monolith™ -hiomakone. Koulutus 1, 27.4.2017. HJS – Oy Brynolf Grönmark AB.

Herkules customer training 2017. Maschinenfabrik Herkules. [CD]

- a. Eddy Chek 5. Herkules HCC KPM Eddy Current System. Extremely fast measuring technology. One step ahead of all competition. Koulutus 6.2.2017. Herkules.
- b. HCC/KPM Measure Device
- c. Mechanic System
- d. Monolith. Roll Grinders Monolith TM Design.
- e. Ultrasonic. HCC KPM Ultrasound System.

Huru, J. 2009. Kuumavalssaamon valssihiomon kapasiteetin määrittäminen ja kehittämisvaihtoehtoja. Oulun yliopisto. Konetekniikan osasto. Diplomityö.

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen P. 2003. Valmistustekniikka. 10. muuttumaton painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014, Mittaustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kääriä, I. 2010. Kuumavalssaustekniikka 16.2.2010. Outokumpu. Perehdytysopas.

Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Maschinenfabrik Herkules 2017. [Esitteet]

- a. HCC KPM 10 Control. The Future of Controlling. HCCKPM Herkulesgroup [Esite].
- b. Herkules Special Design Features. For highest Quality, Performance, Precision and Output. Maschinenfabrik Herkules [Esite].
- c. Monolith™ Superior Technology. Herkules Monolith™ Design. Maschinenfabrik Herkules [Esite].



- d. Scope o Supply, Maschinenfabrik Herkules [Esite].
- e. WS 450-600 Roll Grinders. Herkules Heavy Duty Roll Grinding Machines. Maschinenfabrik Herkules [Esite].

Metallinjalostajat ry & Härkönen, S. (toim.), Teräskirja 2014. Helsinki: Metallinjalostajat

Silvennoinen, S., Metalliteollisuuden keskusliitto 2001. & Teknologiainfo Teknova Oy. 2001. Valuraudat ja valuteräiset. Raaka-ainekäsikirja 2. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus 2001.

Mäkelä, T. 2016. Seosaineiden ja matriisin vaikutus kuumavalssaamon Tandemlinjan valssien kulumiseen ja särönkestävyyteen. Oulun yliopisto. Prosessitekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

Outokumpu 2013. Outokumpu Tornio Worksin kuumavalssausprosessi. Tornio: Outokumpu Stainless Oy. [Perehdytysopas]

- 2017. Outokumpu Tornio Worksin valssihio. Tornio: Outokumpu Stainless Oy. [Perehdytysopas]

Pomini 2004. Valssihiomakone käyttöopas. 840D Siemens CNC Hiomakoneet (ohjelmistoversio 6 tai uudempi). Laitos 1.1a. Techint Compagnia Tecnica Internazionale.

Pomini 2009. Telojen tarkastus pyörrevirralla ja ultraäänellä. Värähtelyn mittaus. Laikan tasapainotus. Laitteiston käyttöohje. Volume 7.

Roberts, W. L. 1983. Hot Rolling of Steel. Manufacturing Engineering and Materials Processing 10. New York: Marcel Dekker.

Sarclad 2012. Rollscan. Roll Inspection Systems. Budget Offer 16.11.2012.

Tähtinen, S. 2009. Pinnanlaadun määritystekniikat ja mittauslaitteet viimeistelysorvauksen yhteydessä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö.

Honkavaara, T. 2014. Valutuotteiden suunnitteluopas. [Viitattu 12.3.2018: <http://www.valuatlas.fi/?q=node/385>]

Lampela, M. & Sorvoja, J. 2017. Tornio: Outokumpu Stainless Oy, Kuumavalssaamo. Suullinen tiedonanto hiojilta 23.10.2017–10.11.2017.

Lampela, M. & Sorvoja, J. 2018. Tornio: Outokumpu Stainless Oy, Kuumavalssaamo. Suullinen tiedonanto hiojilta 8.1.2018–30.3.2018.

VASE 2018. Valssinseurantajärjestelmä. Tornio: Outokumpu Stainless Oy Kuumavalssaamo.